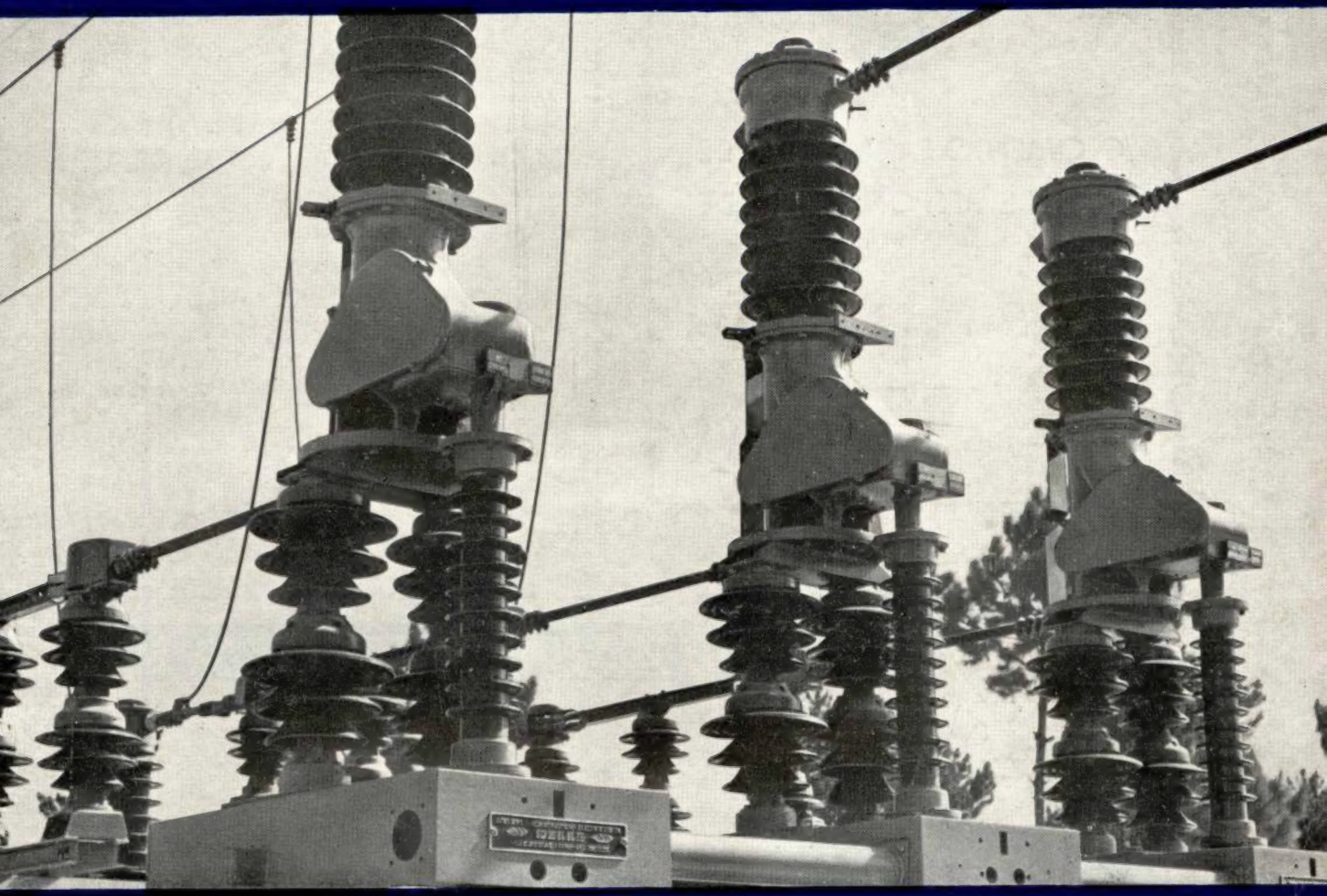
TÉCNICA



REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 258-JANEIRO-1956

CIMENTO SECIL

O CIMENTO PARA OBRAS DE GRANDE RESPONSABILIDADE

4 fornos rotativos — 300.000 toneladas anuais

Fábrica no Outão — Setúbal

Lisboa — Rua do Comércio, 56-3.º

ELECTRO-ARCO
LIMITADA

ELECTRODIOS
POSTOS E ACESSORIOS
PARA A SOLDADURA ELECTRICA

MATERIAL APROVADO PELO
LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

FÁBRICA E LABORATÓRIOS
VENDA NOVA — AMADORA

LISBOA
RUA SILVA CARVALHO, 239 — TEL 63649

PORTO
RUA DO BOLHÃO, 216 — TEL 21277

MARS-LUMOGRAPH

O lápis universal para desenho e cópias heliográficas em 19 graduações de dureza.

A mina muito resistente à quebra garante um traçado uniforme e muito espesso.

*

À venda em todas as boas casas da especialidade

STAEDTLER

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA DOS ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Ano XXXI - N.º 258 Janeiro de 1956

Redacção e Administração: AVENIDA ROVISCO PAIS, I.S.T. * LISBOA-N. * TELEF. 77 01 44 (Linha 50)

DIRECTOR

JOSÉ DO SACRAMENTO COSTA

ADMINISTRADOR

JORGE DO NASCIMENTO VALÉRIO

SECRETÁRIO

CARLOS MANUEL DE MEDEIROS PORTELA

CORPO REDACTORIAL

EDUARDO ARANTES E OLIVEIRA

FERNANDO TIAGO SANCHES

RUI DO CARMO MOURA

JOÃO CARLOS DA MAIA NOGUEIRA

*

NUMERO AVULSO 12$50

ASSINATURAS:

	3 N.os	5 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	32$50	50$00	95$00
Ultramar Português e Espanha	—	55$00	100$00
Estrangeiro	—	60$00	110$00

*

EDITOR E PROPRIETÁRIO

ASS. DOS ESTUD. DO I.S.T.

*

COMPOSTO E IMPRESSO NA

Tip. JORGE FERNANDES, L.DA

RUA CRUZ DOS POIAIS, 103

LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Subestação de Coina — União Eléctrica Portuguesa (Sul) Disjuntor ortojector DELLE — 60 KV. 2500 MVA, com religação ultra rápida.

Pág.

Possibilidades hidroeléctricas em Angola — Consequências do seu aproveitamento para uma melhor utilização do solo: a colonização e a industrialização

Pelo Eng.º Civil (I. S. T.) Bettencourt Fernandes Moreno . . 181

Condutimetria com alta-frequência — Aplicação à determinação de pontos finais de algumas reacções químicas

Pelo Eng.º Quím.-Ind. (I. S. T.) António Francisco Xavier de Mello Coelho 193

Notas informativas — **Elementos sobre a produção e consumo de energia na rede eléctrica nacional** . . . . . 208 e 239

Determinação de linhas de influência pelo método de Cross

Pelo Eng.º Civil (I. S. T.) Alfredo de Pinho Morgado 209

Um caso de oscilador de audio-frequência com transistor

Por Eng.º Maria Luiza Bernardo Luz e Eng.º Pedro Maria José Correia da Silva Sampaio 217

«Sobre a equação de Riccati»

Por Carlos E. Barros Vidal 225

Do Mundo Técnico 240

Simpósio sobre Higiene e Segurança Industrial 246

Biblioteca 247

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SAO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

Índice Alfabético dos nossos anunciantes

A

Pág.

A. Gestetner, Ltd.ª XL
Agência Geral de Material Eléctrico, Ltd.ª XI
Ahlers, Lindley, Ltd.ª XXI
António Baró XII
Azevedo & Pessi, Ltd.ª VI

B

Blackwood Hodge XIII
Bonneville Oliveira XXXVII
Bouhon & Irmão, Ltd.ª XII

C

Canelas & Figueiredo, Ltd.ª XXVI
Cimento Secil . . . . . 2.ª da capa
Companhia de Cimentos Brancos . . V
Companhia União Fabril XII
Construções Técnicas, Ltd.ª V
C. Santos, Ltd.ª . . . . . X e XXXVIII

E

Edmond Dardel III
Edouard Dalphin . . . . . 4.ª da capa
Electro-Arco, Ltd.ª . . . . . 2.ª da capa
Emílio de Azevedo Campos & C.ª, Ltd.ª . . . . . XXIV e XXXII
Empresa Electro Cerâmica XIV
Empresa Húngara para o Comércio Exterior de Máquinas XVIII
ENAE XXVII
Empresa de Produtos Asfálticos . . . IV
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ltd.ª . . . . . 3.ª da capa
Estabelecimentos Herold, Ltd.ª . . . XXXIV

F

Fábrica Metalúrgica e Construtora CARAVELA, Ltd.ª XXXI
Fábrica Portugal XXIX
Feira das Indústrias Alemãs XXXV
Fundição e Construção Mecânicas VI

H

Harker, Summer & C.ª, Ltd.ª XXXVII
Henry Wiggin VIII
Henriques & Castro, Ltd.ª XLII

I

Pág.

Indústrias Portuguesas de Zinco . . XXXVII
IST XL

J

J. E. Michaëlis de Vasconcellos (Eng.º) XIX

L

Leacock (Lisboa), Ltd.ª XV

M

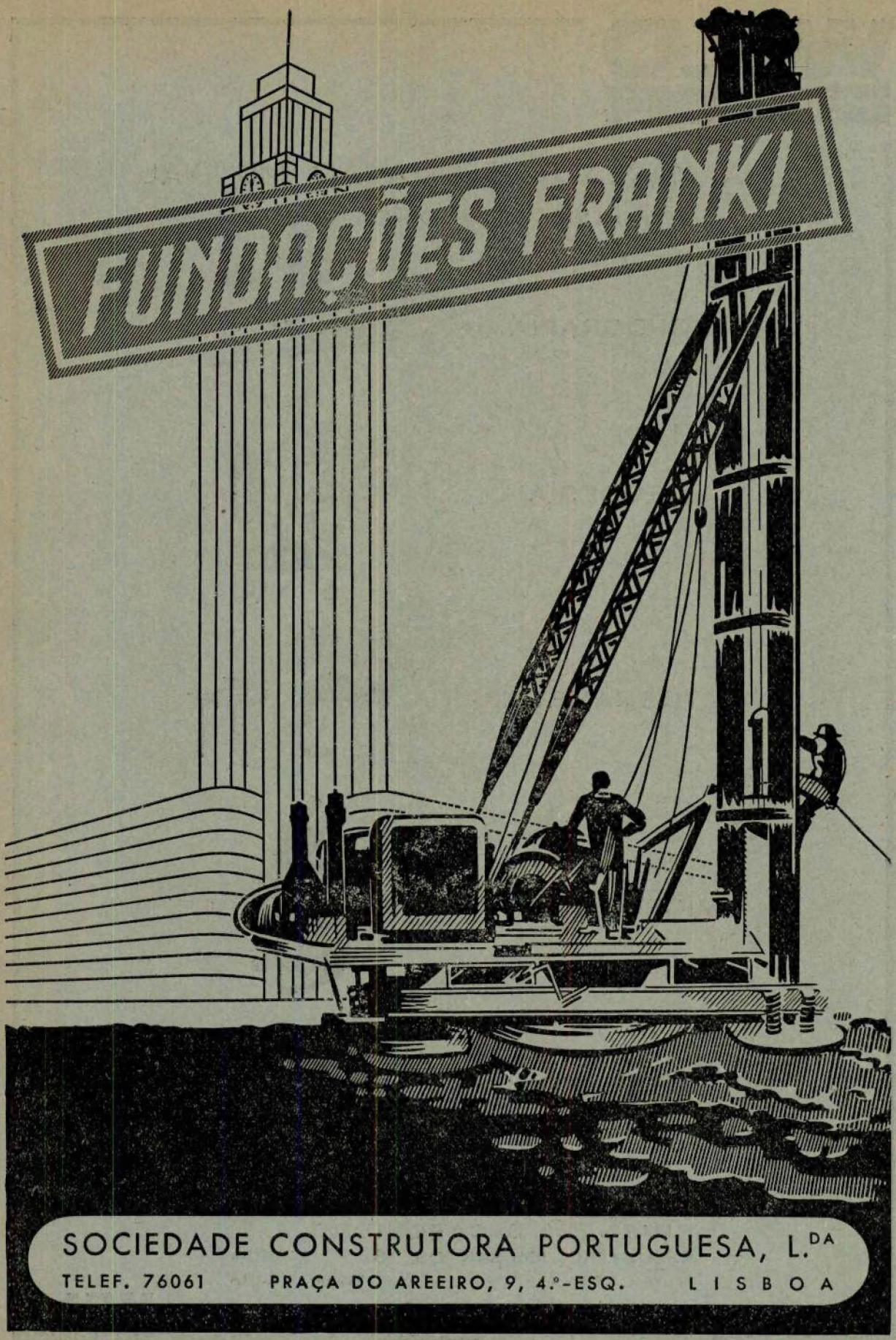
Manil XXXII
Máquinas de Precisão, Ltd.ª XIV
Mecâno-Civis, Ltd.ª XXV
Monteiro Gomes, Ltd.ª . . . XXXVI e XXXIX

P

Papelaria Fernandes XXIII
Pilkington Brothers, Limited XX
Pimentel & Casquilho, Ltd.ª II

S

S. E. Moniz da Maia & Vaz Guedes, L.da XVII
Santos Mouta, Ltd.ª XLII
Siemens — Comp.ª de Electricidade VII
SKF XIX
SMEIA XLI
Sociedade Construtora Portuguesa, Ltd.ª I
Sociedade Ericsson de Portugal, Ltd.ª IX
Sociedade Fabril de Matérias Plásticas XXII
Sociedade Húngara para o Comércio das Instalações Fabris XXVIII
Sociedade Húngara para o Comércio de Automóveis XXX
Sociedade dos Mármores de Portugal, Ltd.ª XL
Sociedade Portuguesa Cavan IV
Socony-Vacuum Portuguesa XVI
Sondagens Ródio, Ltd.ª XXXVII
SOPECATE XII
Staedtler . . . . . 2.ª da capa
Standard Eléctrica XXXIII

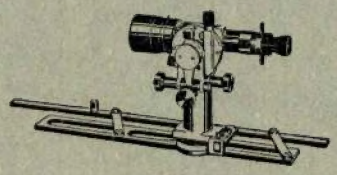

FUNDAÇÕES FRANKI
SOCIEDADE CONSTRUTORA PORTUGUESA, L.DA
TELEF. 76061
PRAÇA DO AREEIRO, 9, 4.º-ESQ.
LISBOA

WILD
HEERBRUGG

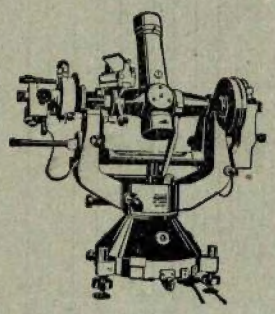
A MARCA DE REPUTAÇÃO MUNDIAL

INSTRUMENTOS DE ALTO RENDIMENTO PARA

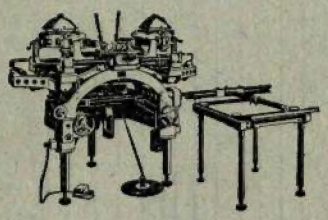
TOPOGRAFIA



GEODESIA

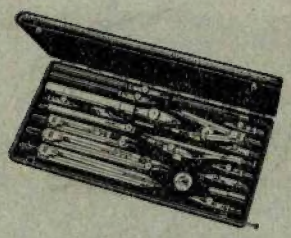


FOTOGRAMETRIA



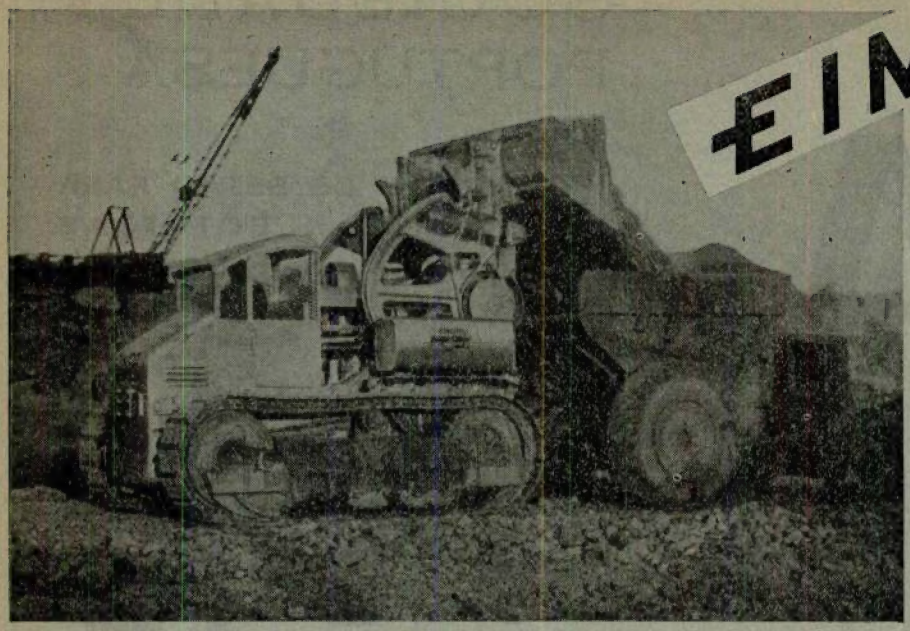
MICROSCOPIA

DESENHO



PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA
R. EUGÉNIO DOS SANTOS, 75 • LISBOA
TELEF.: 24314 TELEG.: TECNA

WILD
HEERBRUGG



EIMCO

Rocker Shovel
Patenteado

SIMPLICIDADE

COMPACIDADE

ROBUSTEZ

peso 17.000 kg
balde 1.110 litros

TRACTOR ESCAVADOR 105

ATÉ AO

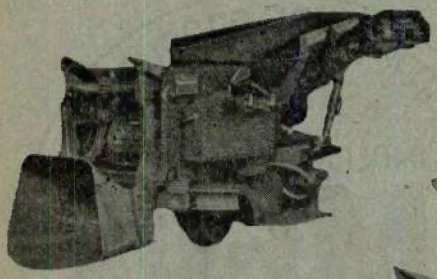
SUPERIOR A ESCAVADORA CLÁSSICA

Resolvendo o problema da carga tanto em pedreiras como em galerias e com qualquer veículo

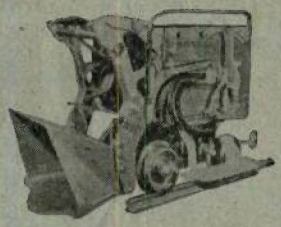
MÍNIMO VALOR DE COMPRA
MÍNIMO CUSTO DE CONSERVAÇÃO

ENERGIA pouco consumo { AR COMPRIMIDO / ELÉCTRICA / DIESEL

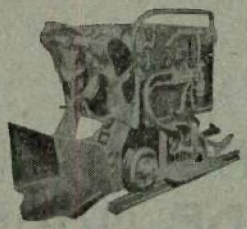
ao modelo 21 a ar comprimido corresponde o modelo 630 montado sobre lagartas



Modelo 40

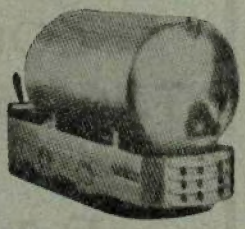


Modelo 21



Modelo 12 B

Locomotiva a ar



TODA A GAMA DE CARREGADORAS SUBTERRÂNEAS

Milhares de unidades trabalhando em todo o Mundo

•

AGENTE EXCLUSIVO

EDMOND DARDEL

Rua Rodrigues Sampaio, 19-4.º-B — LISBOA

Telef. 4 2289

CAVAN

SOCIEDADE PORTUGUESA

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS

MOSAICOS E AZULEJOS

COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

MANILHAS PARA ESGOTOS

RUA D. ESTEFÂNIA, 42

TELEF. 47812-50129

LISBOA

Para impermeabilizar terraços, paredes, fundações, etc.

EMPREZA DE PRODUCTOS ASFÁLTICOS

IMPERMEABILISADOR

IMEPA

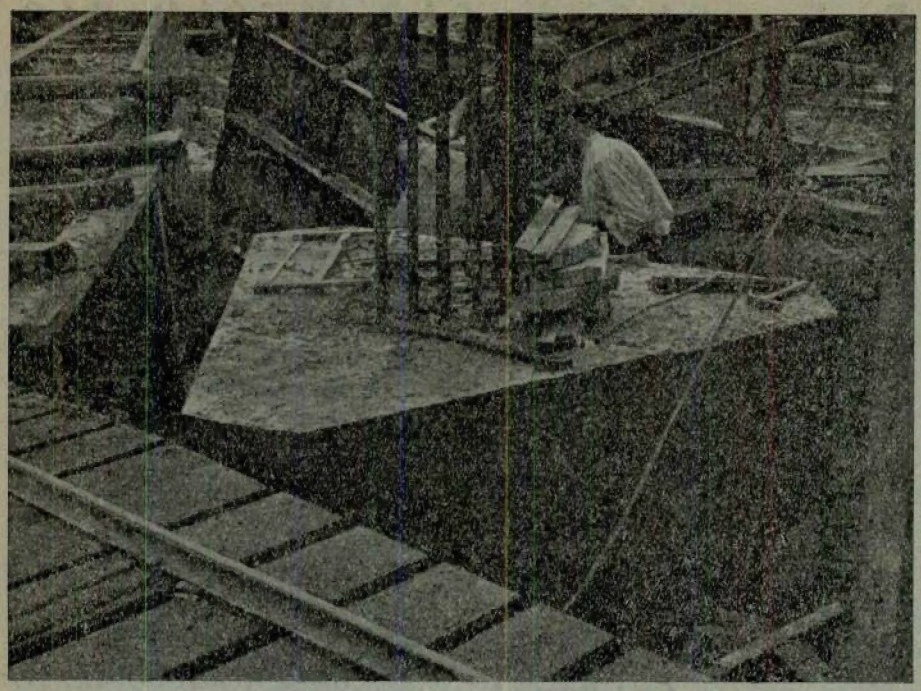
RUA FILIPE FOLQUE, 10-1.º-LISBOA

COLAGEM DE TACOS DE MADEIRA

FABRICA EM SACAVÉM

TELEFONES 4 2651 / 4 2156

TELEG. EPALDA—LISBOA



Fundações e infraestruturas do 2.º grupo de silos, no Beato, para a C. I. P. C.

Sapata de fundação dum pilar de apoio das células

Construções Técnicas, L.da

Praça do Município, 13, 3.º
LISBOA
Telefone 2 2344

FUNDAÇÕES

BETÃO ARMADO

OBRAS PÚBLICAS

O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

CIMENTO BRANCO LUSO

Consulte os distribuidores gerais

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 2 0464 — Lisboa
No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto

FUNDIÇÃO E CONSTRUÇÃO MECÂNICAS

S. A. R. L.

OEIRAS

Uma grande organização na «**Indústria Metalúrgica e Metalomecânica nacional**»

Com **Fábrica** onde se produz:

Fundição de ferro, Ferros Ligas e Metais, Esmaltes — Esmaltagem

OFICINAS DE SERRALHARIA E FORJAS

Alguns artigos de série:

Banheiras de ferro fundido esmaltado — Todos os artigos sanitários para casa de banho e cozinha — Caldeiras e radiadores para aquecimento central — Salamandras — Fogões e fogareiros a gás — Fogões a lenha e carvão — Escadas e escadotes — Tábuas de engomar — Material para construção civil (aros para claraboias, sifões de pátio, ventiladores, portinholas, olhos de boi, autoclismos, etc.) — Bancos de jardim — Candeeiros para iluminação pública, etc.

PROJECTOS, ORÇAMENTOS E EXECUÇÃO DE INSTALAÇÕES E AQUECIMENTO CENTRAL

Vendas directas ao comércio da especialidade

Telefones:
Serviços 043 324 a 043 327
Administração 043 156
Secção Aquec. 4 1110 - 45301

Teleg. Fundição — OEIRAS

Correio: Apartado 711
LISBOA — CENTRAL

SECÇÃO DE AQUECIMENTO

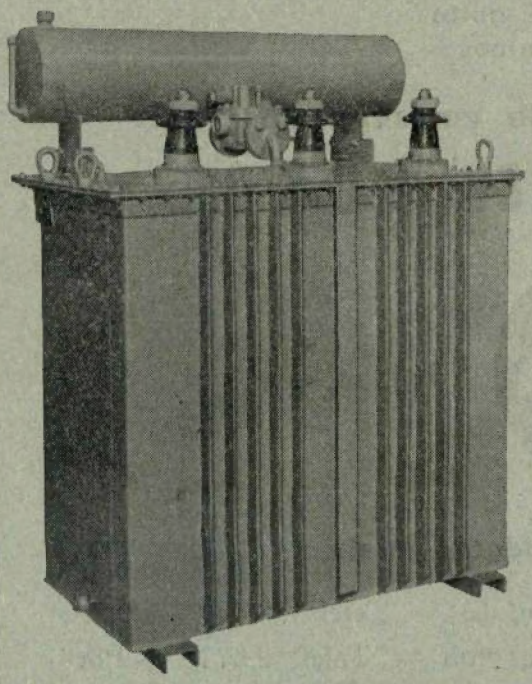
Av. António Augusto de Aguiar, 7-A

Telefone 4 1110

MATERIAL DE QUALIDADE!

EMILE HEAFELI

Suissa — França



ALTA EFICIÊNCIA

BAIXAS PERDAS

CONDENSADORES PARA

REFASAGEM ✦ ACOPLAMENTO

FILTRAÇÃO ✦ PROTECÇÃO, ETC.

CORRECÇÃO DO COS φ

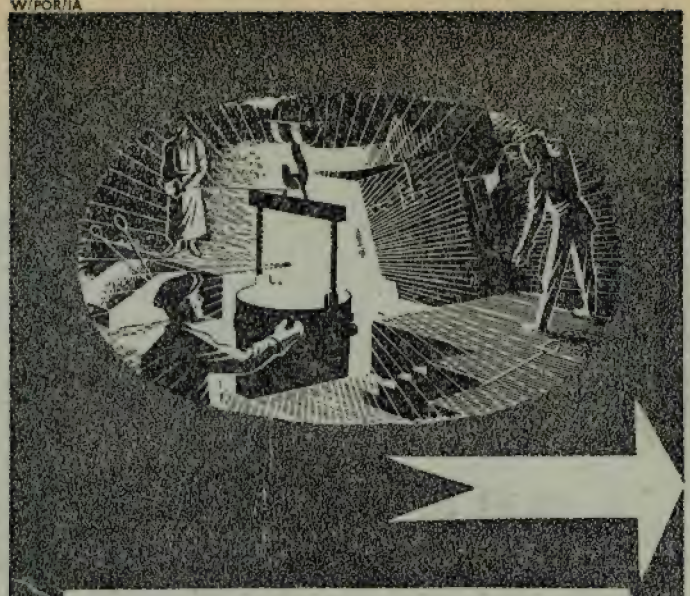
AZEVEDO & PESSI, LDA.

Rua Nova do Almada, 46 — LISBOA

Telef. 2 4495 — 2 9879 — 2 0354

SIEMENS
A INVESTIGAÇAO
e a via do progresso
O extenso programa de fabrico da nossa empresa exige um dispendioso trabalho de aperfeiçoamento em todos os domínios da electrotécnica.
Por isso temos desde sempre investido apreciáveis verbas, tanto no campo da investigação directa, com vista ao alcance de certas finalidades, como no da pesquisa das próprias bases técnicas. Um grande conjunto de quáse 150.000 colaboradores da firma continua hoje a obra, comecada por Werner von Siemens há já mais de 100 anos.
305 P
Verificação de aparelhagem eléctrica
no campo de ensaio de tensões muito altas
SIEMENS & HALSKE AG · SIEMENS-SCHUCKERTWERKE AG
BERLIN · MÜNCHEN · ERLANGEN

W/PORTIA



Ligas de Niquel

WIGGIN

O estudo e fabrico de ligas não-ferrosas de alta qualidade, tem sido o nosso objectivo durante mais de um século. Os produtos "Wiggin", apresentados durante aquele periodo, foram concebidos para fins especificos, envolvendo condições de trabalho que não podem ser conseguidas com outros metais ou ligas.
Ligas resistentes ao calor e à corrosão, materiais para resistencias electricas e ligas de expansão controlada, encontram-se entre os produtos "Wiggin". Teremos grande prazer em fornecer todas as informações técnicas e recomendações sobre as suas propriedades, aplicações e fabrico.

HENRY WIGGIN

AND COMPANY LIMITED

WIGGIN STREET · BIRMINGHAM · 16

INGLATERRA

NIQUEL . . . em vários tipos e para diferentes condições de trabalho.

MONEL* . . . liga de niquel-cobre, possuindo excelente resistencia à corrosão, para uma extensa gama de condições de trabalho.

CORRONEL B . . . para resistir ao ácido cloridrico e aos cloretos mais corrosivos.

INCONEL . . . resistente à oxidação, a temperaturas elevadas e possuindo boas propriedades mecanicas a altas temperaturas.

BRIGHTRAY . . . série de ligas de niquel-cromio e niquel-cromio-ferro para resistencias electricas.

FERRY . . . liga de niquel-cobre propria para resistencias, cujas temperaturas de trabalho não excedam 300°C.

NILO . . . série de ligas cujo uso é recomendado sempre que coeficientes baixos e médios de expansão controlada sejam necessários.

NI-SPAN C . . . Liga de expansão controlada para molas de instrumentos de precisão.

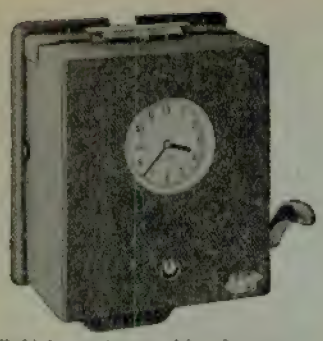
METAIS TERMO-ELECTRICOS . . . permitindo uma grande variedade de graus de deflexão e resistividades electricas.

* Marca registada

HENRY WIGGIN

Agentes em Portugal:
Ahlers, Lindley, Lda
Rua do Ferregial de Baixo, 33-2º, Lisboa, C
Telefone Nº 21321/4.

e Palacio do Atlântico, 408
Praça D. João I, Porto
Telefone Nº 31414



Relógio semi-automático de ponto

PENSE em Ericsson

...para controlar melhor o tempo de seus empregados

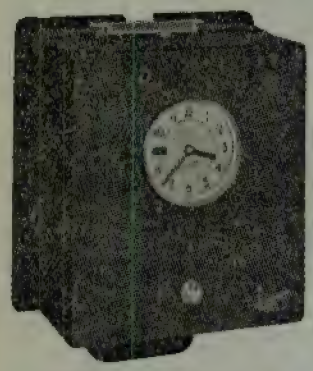
Os relógios de ponto Ericsson proporcionam :

Maior exactidão no controle de pontualidade e frequência.

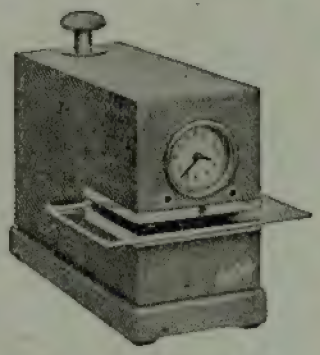
Maior facilidade na preparação das folhas de pagamento.

Maior garantia para empregados e dirigentes na verificação da assiduidade.

Maior economia de tempo e pessoal no controle do ponto : amortização mais rápida do custo de sua aquisição.



Relógio automático de ponto



Relógio de tarefa para controlar com exactidão os custos de «mão de obra»

Peça a visita de um técnico da Ericsson.

Sem o menor compromisso, pode obter todas as informações e detalhes sobre os Relógios de Ponto ou sobre quaisquer outros produtos Ericsson.

◆

Outros produtos Ericsson :

- Sistemas telefónicos de todos os tipos
- Sistemas de telesinalização
- Sistemas de radiocomunicações e sonorização
- Diversa aparelhagem telefónica e eléctrica

SOCIEDADE ERICSSON DE PORTUGAL, L.DA

RUA FILIPE FOLQUE, 7, 1.º

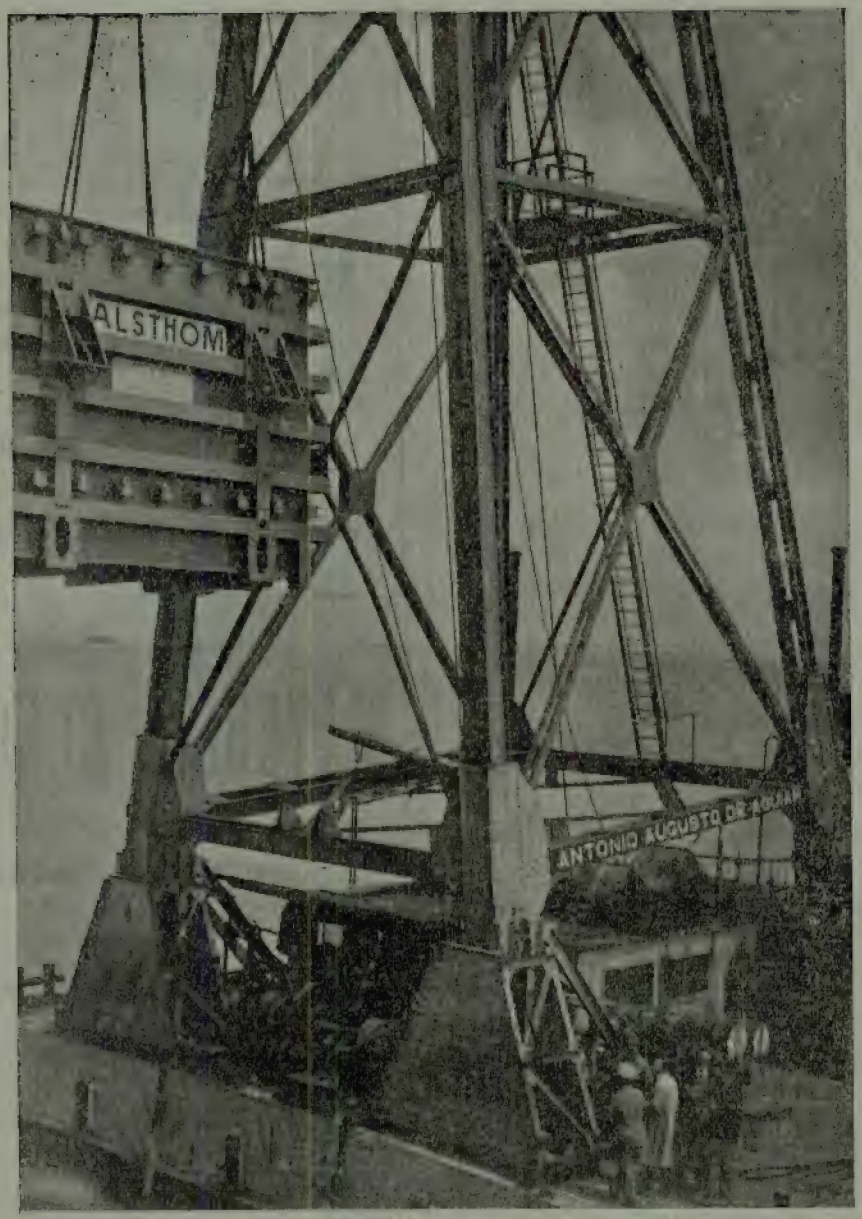
LISBOA

Telefone (P P C - 2 linhas) — 57193 • Telegramas: ERICSSON

MOTORES DIESEL
MERCEDES-BENZ
MARÍTIMOS E INDUSTRIAIS
FAMOSOS EM TODO O MUNDO PELA SUA MAGNÍFICA ROBUSTEZ E GRANDE ECONOMIA. GARANTINDO UM ELEVADO RENDIMENTO E A MAIOR SEGURANÇA DE FUNCIONAMENTO
DE 20 A 2500 HP
REPRESENTANTES
C. SANTOS LDA.
DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA — TRAVESSA DA GLÓRIA, 17 — LISBOA

SOCIETE ALSTHOM

PARIS



Aspecto do transporte de Lisboa a Caciihas dum transformador de 25.000 KVA — ALSTHOM — destinado à Subestação de Setúbal da Companhia Nacional de Electricidade

DELEGADOS

AGÊNCIA GERAL DE MATERIAL ELÉCTRICO, L.DA

Rua dos Industriais, 4-1.º ◆ às Cortes ◆ LISBOA ◆ Telefs. 660692-666082-660604

Sociedade de Pesquisas, Captações de Agua e Transportes, L.da

Companhia União Fabril

Sede: Rua do Comercio, 49

LISBOA

O MAIOR AGRUPAMENTO INDUSTRIAL DA PENINSULA IBÉRICA

Fábricas em:
Alferrarede, Barreiro, Canas de Senhorim, Lisboa, Mirandela, Óbidos, Porto, Soure e Vila Nova de Gaia.

Superfosfatos, Sulfatos de Cobre, Enxofre, Sabões, Acidos, Oleos industriais e alimentares, Azeites, Torteame, Sacarias, Grossarias, Fios, Carpetes e Mangueiras.

Oficinas de:
Construções metalicas, Mecânica geral de Automoveis e Engrenagens

Fundição de:
AÇO, FERRO E OUTROS METAIS

Construção Naval

(Arrendataria do estaleiro naval da A. G. P. L.)

Metalurgia de Ouro e Prata — Refinação electrolitica

- Isolamentos térmicos, acústicos e contra fogo.
- Purgadores para vapor de todos os tipos.
- Válvulas de passagem para vapor.
- Válvulas reguladoras de temperatura de vapor, água e ar.
- Válvulas redutoras de pressão de vapor e água.
- Aparelhos de tratamento de água.
- Tubo metálico flexível em tombaque.
- Reguladores de combustão para caldeiras de aquecimento central.
- Cimentos e plásticos refractários.

Pedidos a

BOUHON & IRMÃO, LTD.

Em Lisboa: Avenida Júlio Dinis, 26, r/c Esq.
Telef. 773603 e 778685

No Porto: Rua Antero de Quental, 615
Telef. 40124

MATERIAL ELÉCTRICO

para instalações de alta e baixa tensão

•

ESPECIALIDADES **GARDY:**

Corta-circuitos e cartuchos de alto poder de corte
Disjuntores para força motriz e iluminação
Disjuntores de calibres variáveis
Disjuntores MINIHUILLE, até 35 kV
Dispositivos de corte em carga para seccionadores, etc.

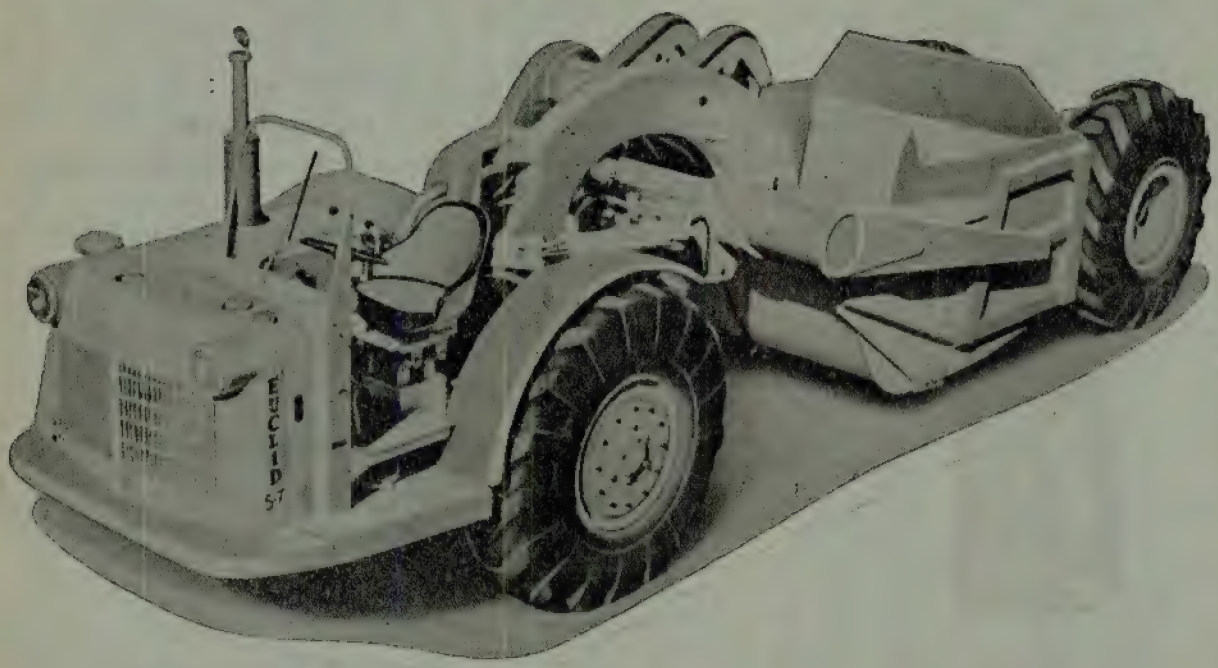
REPRESENTANTE:

ANTÓNIO BARÓ

Rua da Assunção, 99-2.º-Dt.º

LISBOA

Uma revolução no campo da Remoção de Terras!



O «Scraper» **EUCLID** de 7 jardas cúbicas de capacidade rasa.

Motor DIESEL GENERAL MOTORS de 143 CV.

Todos os Comandos Hidráulicos.

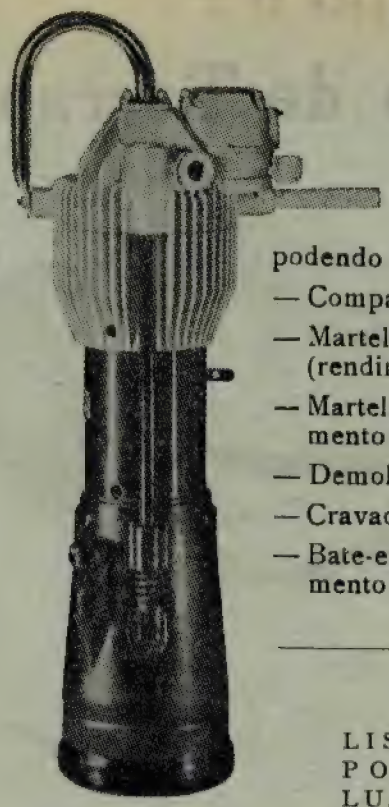
É a máquina de confiança e de grande rendimento para a execução do Novo Plano de Estradas.

DISTRIBUIDORES EXCLUSIVOS:

BLACKWOOD HODGE

AV. ALMIRANTE REIS, 247 — LISBOA

Telef. 72 59 58 - 72 59 84



MARTELOS COMPACTADORES PARA

VALAS

(DELMAG)

de 65, 100, 500, 1000 kg

podendo os tipos de 65 e 100 kg ser equipado como:

— Compactadores de valas (rendimento 120m² por hora).

— Martelos apiloadores de betão com ou sem comando a distância (rendimento 150m² por hora).

— Martelos pavimentadores de ruas para cubos de granito (rendimento 60m² por hora).

— Demolidores de betão e pavimentos (rendimento 30m² por hora).

— Cravadores de pranchas de madeira e ferro.

— Bate-estacas verticais ou inclinados até 15cm de diâmetro (rendimento 16 metros liniares por hora).

Entrega imediata nos nossos armazéns de Lisboa

MÁQUINAS DE PRECISÃO, L.DA

(Eng.e J. d'Arriaga de Tavares)

LISBOA — Rua da Boa Vista, 45-49 — Tel. 66 60 86 — 66 60 87
PORTO — Rua Sá da Bandeira, 629 — Tel. 2 8720
LUANDA — Rua Pereira Forjaz, 77 — Caixa Postal 304

EMPRESA ELECTRO CERÂMICA — S. A. R. L.

Candal — Gaia

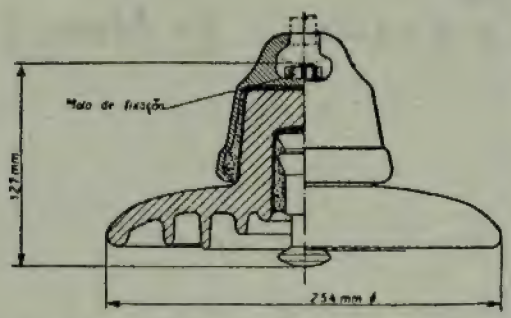
ISOLADORES DE CADEIA

Para suspensão

Tipo ACS 25

Este isolador é igual ao tipo I. B. S. 99 da firma inglesa Taylor Tunnicliff & Co., Ltd., por acordo com a qual o fabricamos

Peso aproximado: 4,3 kg cada elemento



Materiais

Porcelana vidrada em castanho.
Campânulas de ferro fundido maleável, galvanizadas por imersão a quente.
Hastes de aço macio galvanizadas por imersão a quente.
Molas de fixação de bronze fosforoso.

Sede — Largo Barão de Quintela, 3 — LISBOA

LEACOCK (LISBOA), L.DA

AV. 24 DE JULHO, 16 — LISBOA

R. JOSÉ FALCÃO, 185 — PORTO

SECÇÃO DE MÁQUINAS E ELECTRICIDADE

REPRESENTANTES DE:

THE RAWLPLUG COMPANY, LTD.
Material de fixação para construção civil e mecânica.

HOOVER, LTD.
Motores eléctricos desde 1/8 até 3/4 H. P., Monofásicos e Trifásicos.

VERITYS, LTD.
Motores eléctricos desde 1 até 125 H. P

J. A. CRABTREE & CO. LTD.
Material para instalações de luz: interruptores, fichas, tomadas, etc.
Material para instalações de força: arrancadores, disjuntores, caixas, etc.

TRANSFORMERS & WELDERS, LTD.
Transformadores de todos os tipos até à potência de 3000 K. V. A. e até à tensão de 33000 Volts.

BARTON CONDUITS, LTD.
Tubo de aço para instalações eléctricas.

EDWARD MAC BEAN & CO. LTD.
Tubo, fita e pano de tela envernizada.

MEASURING INSTRUMENTS (PULLIN), LTD.
Amperímetros, Voltímetros, Frequencímetros, Wattímetros de todos os tipos e escalas.

F. PERKINS, LTD.
Motores Diesel marítimos.

THE AUTOMATIC COIL WINDER AND ELECTRICAL EQUIPMENT CO, LTD.
Osciladores, capacímetros, texts universais, texts electrónicos, analisadores de válvulas, luxímetros, expositores para fotografias.
Máquinas para bobinar e enfitar.

GEORGE KENT
Contadores de água, de vapor e de óleo.
Tubos Venturi
Determinadores e controladores do pH, do CO_2 e pirómetros pelo processo potenciométrico.
Combustiómetros, manómetros, registadores de distâncias, medidores-registadores de caudais, medidores de orifícios em condutas para gases.

THORN ELECTRICAL INDUSTRIES, LTD.
Luz fluorescente e rádios.

ELECTRIC PANELS, LTD.
Aquecimento eléctrico

4 MANEIRAS DE POUPAR EM CADA FUSO

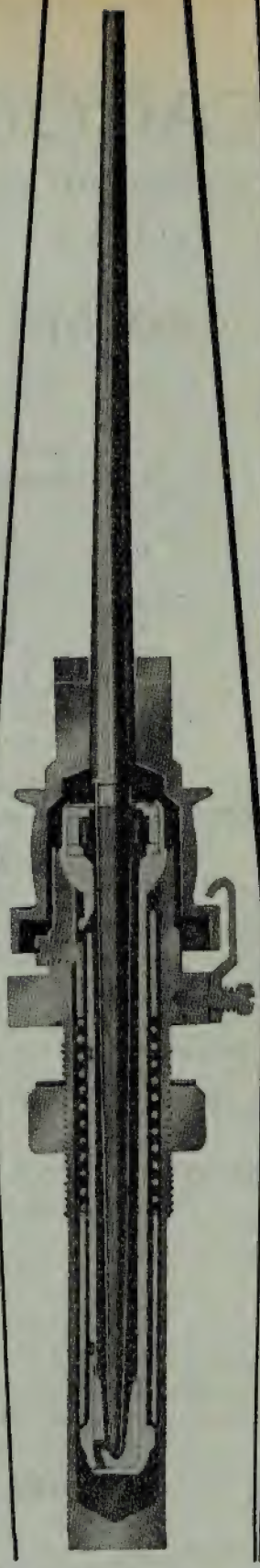
O Gargoyle Velocite Oil DX permite realizar, em cada fuso, 4 economias que, somadas em milhares de unidades, dão um total impressionante.

1.º — Poupa tempo de produção, porque o Gargoyle Velocite Oil DX forma películas de grande tenacidade que mantêm o fuso mais tempo em serviço.

2.º — Economiza força motriz, pois o Gargoyle Velocite Oil DX reduz ao mínimo o travamento do fuso causado pelo atrito.

3.º — Reduz as despesas de manutenção. Além disso os salpicos de Gargoyle Oil DX saem fàcilmente na lavagem.

4.º — Diminui as despesas porque o Gargoyle Velocite Oil DX não forma resíduos gomosos de oxidação e é mais durável.



MOBIL OIL PORTUGUESA

TÉCNICA

DIRECTOR: JOSÉ DO SACRAMENTO COSTA ADMINISTRADOR: JORGE DO NASCIMENTO VALÉRIO
SECRETÁRIO — CARLOS MANUEL DE MEDEIROS PORTELA
CORPO REDACTORIAL — EDUARDO DE ARANTES E OLIVEIRA, FERNANDO TIAGO SANCHES, JOÃO CARLOS DA MAIA NOGUEIRA E RUI DO CARMO MOURA

Ano XXXI - N.º 258 Janeiro de 1956

C. D. U. 626 (673)

POSSIBILIDADES HIDROELÉCTRICAS EM ANGOLA

CONSEQUÊNCIAS DO SEU APROVEITAMENTO PARA UMA MELHOR UTILIZAÇÃO DO SOLO; A COLONIZAÇÃO E A INDUSTRIALIZAÇÃO

PELO ENG.º CIVIL (I. S. T.) BETTENCOURT FERNANDES MORENO

Este trabalho foi apresentado no I Congresso dos Economistas Portugueses reunido em Luanda, em Setembro de 1955.

Procurou-se, com ele, chamar a atenção para as extraordinárias possibilidades energéticas da bacia do Quanza e as condições económicas do seu possível aproveitamento num troço de 120 km, daquele rio, a montante de Cambambe, que se denominou «médio Quanza».

Na discussão deste trabalho tivemos ocasião de afirmar que as possibilidades energéticas do Quanza — que em todo o território nacional supomos que só podem ter comparação com as que possam ser obtidas no troço nacional do Zambeze — levarão num futuro a que o problema da prioridade nas fontes de energia seja visto não por parcelas da nação, mas no seu conjunto, quanto a algumas utilizações, dentro do princípio da unidade económica e da maior economia na produção.

Posteriormente, tivemos ocasião de ler um estudo sobre o possível aproveitamento do rio Congo acima de Matadi, com uma potência de 25.000.000 kW (1), em que se afirma que a França com o fim de economizar a sua energia eléctrica para as necessidades normais, pensa transportar para a Guiné a sua fabricação de alumínio. Por outro lado, o Império Britânico montou a sua indústria de alumínio em Kitimat na Colombia Britânica (Canadá) na Costa do Pacífico, em virtude de aí poder obter cerca de 3 milhões de kW hidráulicos.

Por isso, parece-nos que no caminho que apontamos já outros países com possessões ultramarinas nos estão a dar o exemplo a seguir.

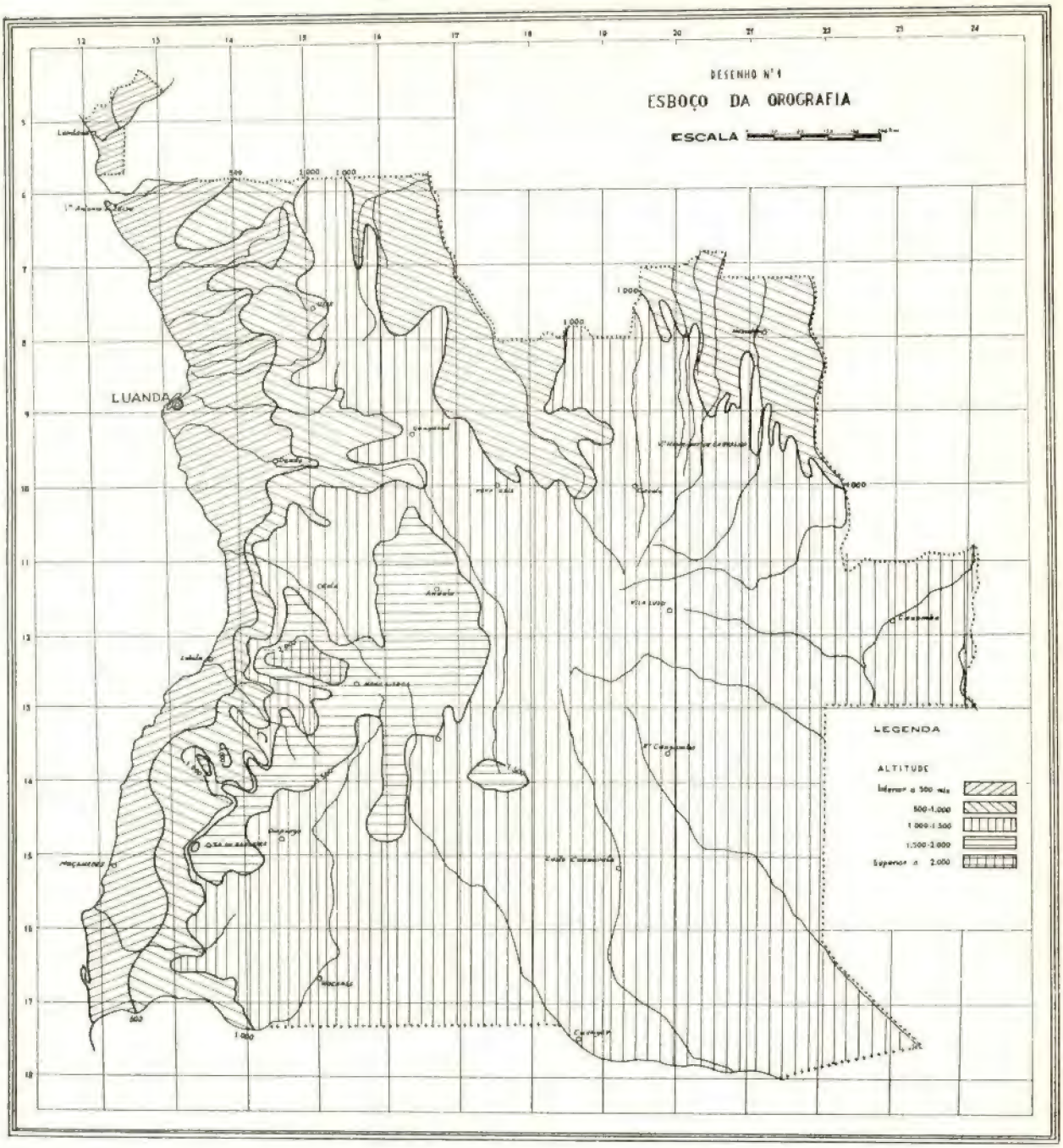
Naquele trabalho sugere-se que a energia do Congo seja utilizada no enriquecimento do urânio em bruto e sua transformação em U235, que é a base da energia nuclear.

Parece-me, também, que é assunto que deveria ser estudado pelas pessoas com especial competência nos problemas económico-políticos, pois sendo nós um país rico em urânio em bruto, talvez haja vantagem em exportarmos o U235, e, nesse caso, necessário se torna uma fonte de energia hidráulica com grandes possibilidades e económica.

1 — Introito

A ocupação científica e técnica das nossas províncias ultramarinas só há bem poucos anos tomou o incremento desejado e não há dúvida que muito se tem progredido, mercê do entusiasmo

(1) Este estudo intitula-se «Considérations sur l'aménagement hydro-electrique du fleuve Congo à Inga» e é da autoria de P. Geulette.

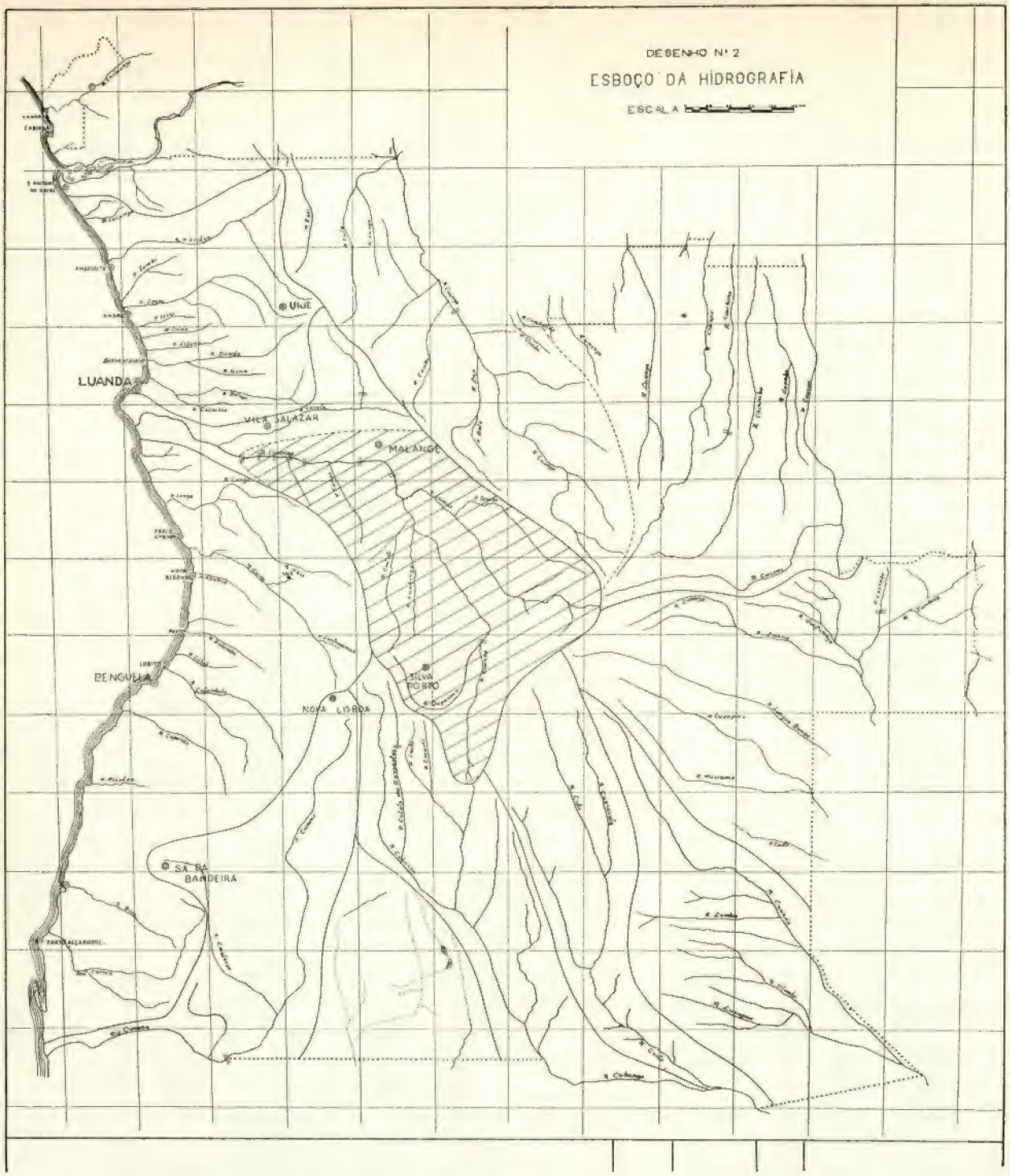


— verdadeiro espírito de conquista — que têm dedicado todos aqueles que para cá têm vindo desenvolver a sua ciência ou a sua técnica.

Mas o que é certo é que são ainda, regra geral, insuficientes ou inexistentes os elementos topográficos relativos a grande parte da província; sobre o regime pluviométrico ainda há grande imprecisão em virtude de existirem extensas áreas com uma fraca densidade de postos e sobre o regime hidrológico da maior parte dos rios, só ùltimamente se começaram a colher alguns dados.

Isto para falar naqueles elementos que procurei obter para desenvolver o tema deste trabalho e, por isso, as observações que se fazem estão sujeitas a correcções que elementos futuros, mais certos, poderão vir a rectificar.

Há, pois, um mundo de trabalho para a ciência e a técnica portuguesa se desenvolverem nestes territórios e, para que tudo resulte com economia, rapidez e eficiência, bom seria que houvesse um



organismo que activasse e coordenasse todos os estudos, de modo que eles pudessem ser utilizados na elaboração do próximo plano de desenvolvimento económico e social de Angola, enquadrado no futuro plano de fomento nacional.

2 — Orografia e hidrografia — Quedas e rápidos mais importantes

Pelo desenho n.º 1 que nos dá um esboço da orografia de Angola, verifica-se que as linhas de altitudes dos 500 e dos 1.000 metros correm sensìvelmente paralelas à costa com reentrâncias pronunciadas nos vales dos rios mais importantes. Estas linhas aproximam-se mais da costa, na zona entre Porto Amboim e Lobito e afastam-se mais, de Porto Amboim para o Norte.

Todo o interior da província é um imenso «plateau» com cotas entre 1.000 e 1.500 m, encontrando-se as maiores altitudes, superiores aos 1.500 m, no nó orográfico cujo centro é sensìvel-

mente em Nova Lisboa e se estende, para o Norte até próximo da Cela e do Chiengue, para o Sul até Sá da Bandeira, para nascente até próximo de Silva Porto e Chitembo e para poente atinge os contrafortes dos morros da Ganda.

É este nó orográfico a origem da maior parte dos rios que correm nesta província.

Ainda se nota uma linha de alturas a norte do Quanza na região do Uige e Camabatela e também, na parte norte, existem duas zonas de altitudes inferiores a 1.000 m, nos vales dos rios da bacia do Zaire, ou seja na Lunda e no Cuango.

Em estreita correlação com a orografia, aparece-nos a hidrografia representada no desenho n.º 2.

Neste mapa verifica-se que em direcção ao Atlântico, num sentido predominantemente nascente-poente, correm uma série de pequenos rios que nascem na linha de maiores alturas que corre mais ou menos paralelamente à costa.

Desses rios, os mais importantes são, a partir do Norte:

M'Bridge	com	uma	bacia	hidrográfica	da	ordem	dos	17.000 km²
Loge	»	»	»	»	»	»	»	14.000 km²
Dande	»	»	»	»	»	»	»	13.000 km²
Bengo	»	»	»	»	»	»	»	13.000 km²
Longa	»	»	»	»	»	»	»	24.000 km²
Cuvo	»	»	»	»	»	»	»	23.000 km²
Catumbela	»	»	»	»	»	»	»	16.000 km²
Coporolo	»	»	»	»	»	»	»	12.000 km²

Como se verifica, a bacia hidrográfica de qualquer destes rios não atinge os 25.000 km².

Nascendo na linha de alturas que corre a meio da província, sensìvelmente próximo da linha do caminho de ferro de Benguela, no troço de Nova Lisboa a Vila Luso, temos uma série de rios que correm numa direcção sensìvelmente Norte-Sul.

No sentido Norte-Sul, temos os seguintes:

Cunene com uma bacia da ordem dos 105.000 km².

Cubango com o seu afluente Cuito, com uma bacia de 150.000 km².

Cuando com uma bacia da ordem dos 100.000 km².

Destes, o Cunene, no seu último troço inflecte no sentido nascente-poente e vai desaguar no Atlântico, os outros inflectem para o interior de África e vão ter à bacia de I'Okavango.

Correndo no sentido Sul-Norte e paralelamente, estão estes outros rios:

Quanza com uma bacia da ordem dos 155.000 km².

Os afluentes do Zaire ou Congo, dos quais os mais importantes são: o Cassai, Luembe, Chiumbe, Luachimo, Chicapa, Luango e Cuango; destes há a destacar as bacias do Cassai com 122.000 km² e do Cuango com 121.000 km².

O Quanza, por alturas de Malange, inflecte no sentido nascente-poente e vai desaguar no Atlântico próximo de Luanda e recebe, como afluente, em Massangano, o Lucala que vem da zona de alturas situadas no distrito do Congo, próximo de Camabatela.

Há a notar ainda, que o primeiro troço do Cassai, corre num sentido poente-nascente, tal como os rios que fazem parte da bacia do Zambeze, em que há que destacar o Luena; estes vão desaguar na costa do Índico, depois de atravessarem as Rodésias e Moçambique; o total da bacia dos afluentes do Zambeze, em Angola, atinge 150.000 km².

Duma maneira geral, todos os rios de Angola ao descer do planalto para a foz têm de vencer grandes desníveis em curtas distâncias e, por isso, são frequentes as quedas e os rápidos com forte declive.

As quedas e rápidos mais conhecidos e, certamente os mais importantes em altura ou em caudal, são:

No Lucala, as quedas do Duque de Bragança, com uma bacia hidrográfica de 8.000 km².

No Cuango, as quedas de Francisco José e D. Luís, com uma bacia hidrográfica da ordem dos 62.000 km².

No Dande, os rápidos das Mabubas, com uma bacia da ordem dos 7.500 km².

No Quanza temos as do Coemba, no Alto Quanza, e no médio Quanza, as da Ponte Oliveira Salazar e as do Salto de Cavalo, próximas de Malange, e as do canhão do Quanza, do Buizo, de Cassongo, da Ponte Filomeno da Câmara e de Cambambe; estas últimas quedas encontram-se num troço do rio de 120 km e a bacia em Cambambe tem 123.000 km².

No Luachimo, as quedas do Dala, com uma bacia certamente pequena.

No Luisabo, afluente do Zambeze, as quedas deste rio, também com uma bacia relativamente pequena.

No Catumbela, os rápidos do Biópio, com uma bacia da ordem dos 15.000 km².

No Cutato dos Ganguelas, afluente do Cubango, as quedas deste rio, com uma bacia que se supõe pequena.

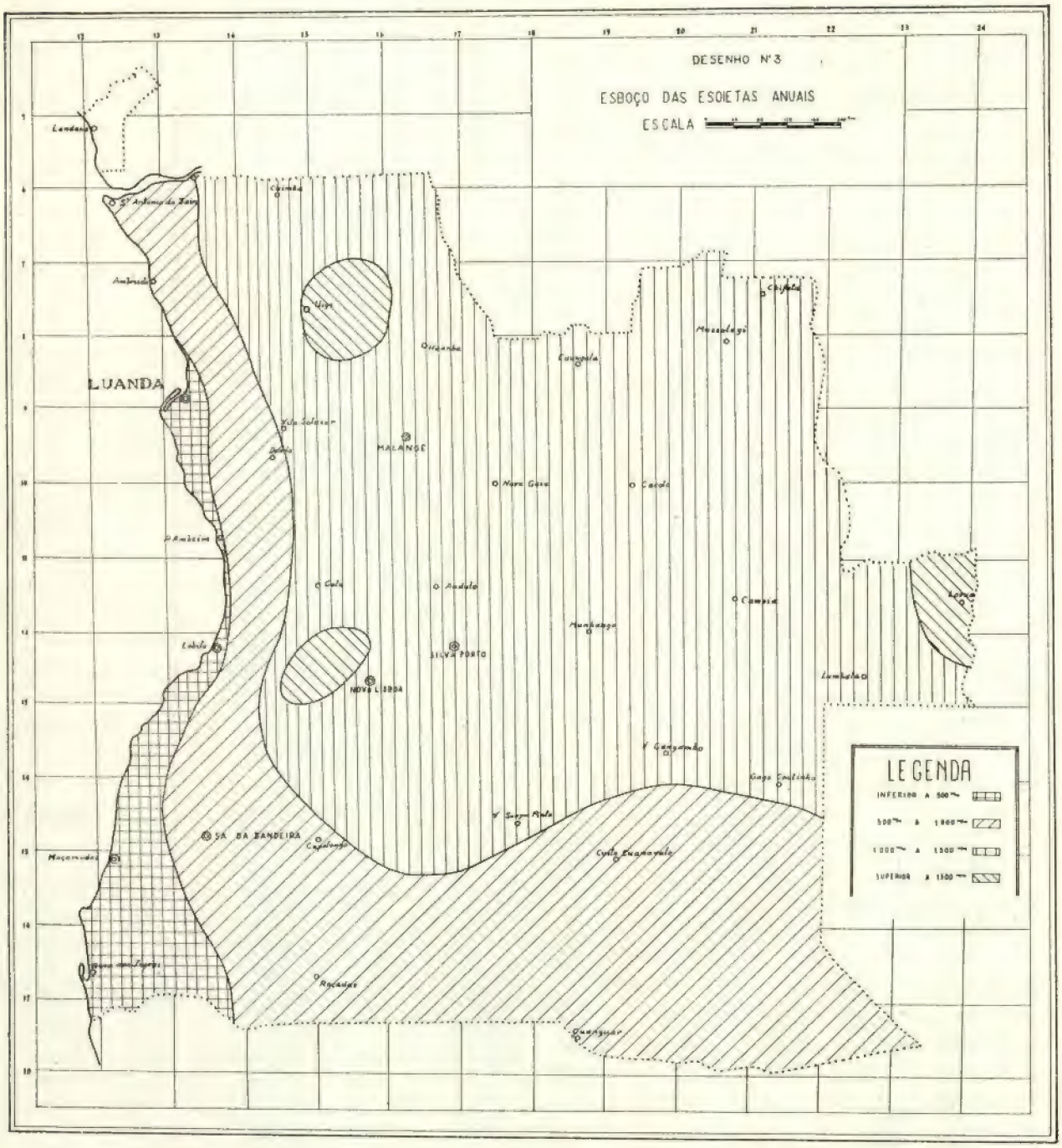
No Cunene, as quedas da Matala com uma bacia da ordem dos 27.500 km² e as do Ruacaná, com 84.700 km² de bacia.

Destas quedas as mais importantes em altura são as do Duque de Bragança e do Ruacaná, com alturas ligeiramente superiores aos 110 m., e as do médio Quanza onde duas têm alturas da ordem dos 100 m., e o total daquelas quedas atinge 500 m.

3 — Pluviosidade anual média e regime de chuvas

Com elementos amàvelmente cedidos pelos Serviços Meteorológicos de Angola, tivemos ocasião de actualizar o esboço da pluviosidade anual média de Angola, que apresentamos no desenho n.º 3.

A leitura desse esboço diz-nos que a curva



dos 500 m/m começa junto à costa um pouco a norte de Luanda e corre acompanhando uma linha de altitude até Sá da Bandeira, inflectindo, a partir desse ponto, ligeiramente para nascente.

A curva dos 1.000 m/m anuais tem um andamento sensìvelmente paralelo à curva dos 500 m/m desde o Zaire até alturas de Sá da Bandeira, a partir daí inflecte na direcção nascente—poente e corre entre os paralelos 14º/15º S.

Toda a área limitada pela curva dos 1.000 m/m, e que compreende grande parte da zona planáltica de Angola com cotas superiores a 1.000 m, tem uma pluviosidade média anual que varia entre os 1.100 e 1.400 m/m. Nota-se um ligeiro aumento da pluviosidade nas zonas mais interiores da província, em especial nas proximidades do limite norte.

Localizam-se duas áreas com pluviosidade média francamente superior aos 1.500 m/m e que acompanham as zonas de maior altitude no nó orográfico do planalto de Benguela e do distrito do Congo.

Determinou-se também uma zona com pluviosidade média ligeiramente superior aos 1.500 m/m no limite setentrional da bacia do Zambeze, porém, as médias obtidas referem-se a um número reduzido de anos.

Por isso, podemos, em linhas gerais, dizer que a pluviosidade média anual acompanha a orografia da província, crescendo com a altitude, excepção feita duma zona de menor pluviosidade na faixa sul.

Duma maneira geral, também, podemos dizer que a pluviosidade acusa um ligeiro aumento com a latitude de sul para norte.

Evidentemente, é natural que haja em tão vasta área, zonas quebrando esta regularidade, mas a densidade de postos e o pequeno número de anos completos de chuvas, não permitem, ainda, fixar com segurança essas áreas.

Há ainda a notar que nas regiões tropicais, segundo Étienne Bernard, em «Le climat écologique de la Cuvette Centrale Congolaise», as precipitações são nìtidamente locais, pois trata-se de aguaceiros abundantes mas extremamente concentrados, e não existe, geralmente, nenhuma correlação, para os postos duma mesma região, entre as precipitações de cada dia ou mesmo de cada mês. No entanto, verifica-se que os valores médios anuais de postos colocados a curta distância são, regra geral, próximos.

Como se sabe a pluviosidade média anual é um dos factores essenciais para a avaliação dos recursos hidráulicos duma região. Mas além de outros, existe um que tem importância enorme nos valores mínimos dos caudais superficiais e que é, o período em que se distribuem as chuvas num ano, ou seja, o seu regime.

Os Serviços Meteorológicos publicaram um esboço do regime de chuvas, que apresentamos no desenho n.º 4, e que nos mostra que a área em que chove mais meses no ano se situa a norte da zona de altitudes que se estende a partir duma linha que anda próximo do traçado do caminho de ferro de Benguela.

Dentro dessa área as chuvas são mais prolongadas na zona interior planáltica com cotas elevadas; aí chove 7 meses no ano, de Outubro a Abril.

Na zona a sul do caminho de ferro de Benguela, a pluviosidade é mais concentrada, conforme se vai caminhando em latitude para sul e na faixa junto à fronteira, chove sòmente em 4 meses do ano, de Dezembro a Março.

Duma maneira geral, podemos dizer que a área planáltica com chuvas mais prolongadas no tempo, é inferior à área limitada pela curva de pluviosidade média anual dos 1.000 m/m; as linhas limites dessas duas áreas correm num andamento sensìvelmente paralelo.

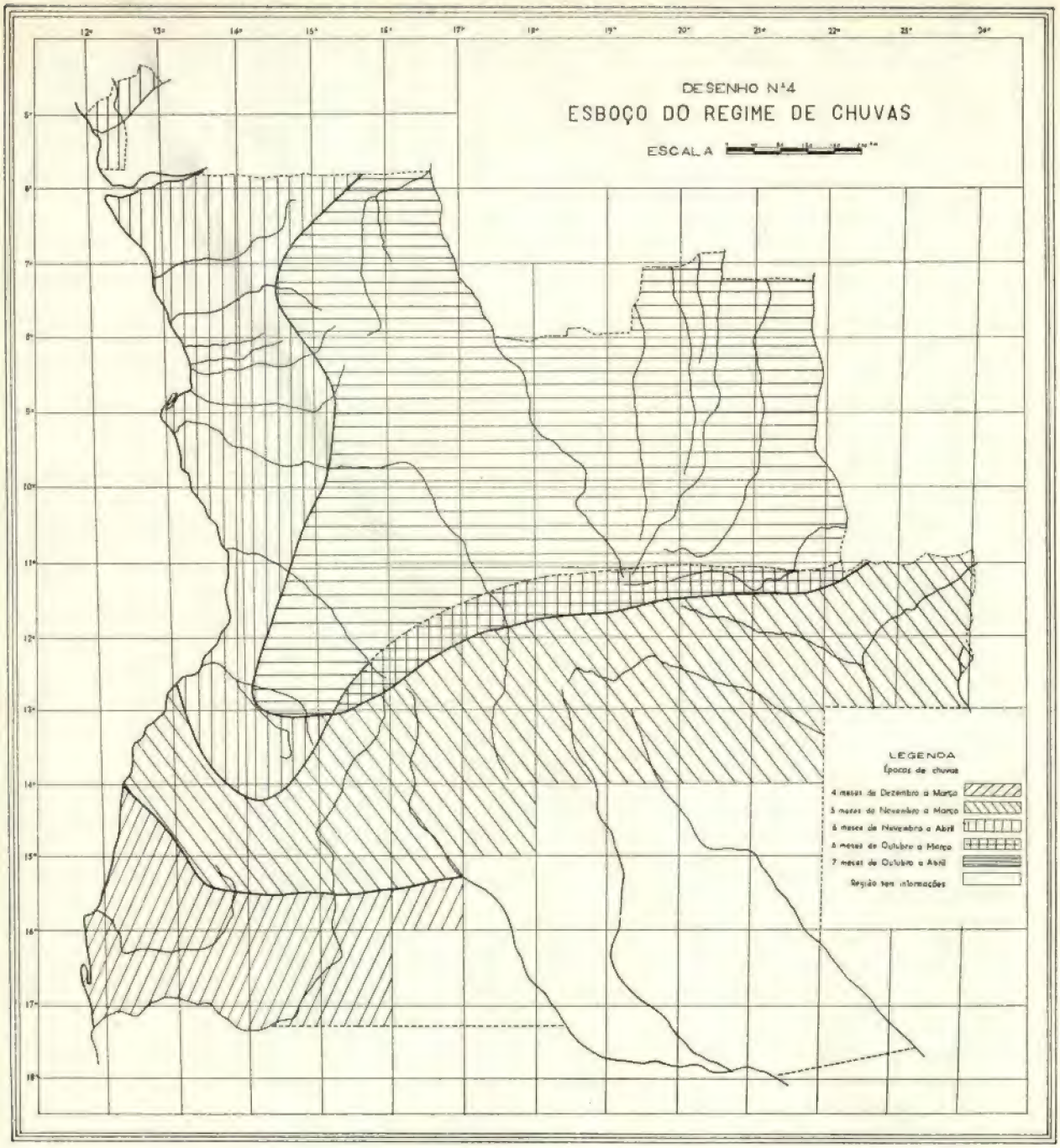
Do exame do esboço da pluviosidade média anual e do regime de chuvas de Angola podemos concluir que as maiores reservas hidráulicas por unidade de superfície, se devem situar na zona planáltica da parte norte da província ou seja nas bacias hidrográficas que correm para norte da linha de alturas que existe no planalto de Benguela e Bié.

4 — Aproveitamentos hidroeléctricos construidos ou em construção em Angola

Os aproveitamentos hidroeléctricos mais importantes construídos ou em construção em Angola, são os seguintes:

Rápidos das Mabubas—no rio Dande, caudal de estiagem 12 m^3/seg., produção anual 60 milhões de kWh; serve a cidade de Luanda.

Rápidos do Biópio —no rio Catumbela, caudal de estiagem 20 m^3/seg., produção anual 38 milhões de kWh; destina-se a servir as cidades do Lobito e Benguela.



Quedas da Matala —no rio Cunene, caudal utilizável 65 m^3/seg., produção anual 92 milhões de kWh; destina-se à rega e a servir as cidades de Sá da Bandeira e Moçâmedes.

No rio Luachimo —concessão da Companhia dos Diamantes de Angola; destina-se a fornecer energia àquela companhia e à povoação do Dundo, deve poder produzir cerca de 50 milhões de kWh anuais.

Queda do Hengue —no rio Chilo, caudal de estiagem 1 m^3/seg., produção anual cerca de 10 milhões de kWh; destina-se a servir Gabela e várias plantações de café.

No rio N'Gunza —concessão da CADA, deve produzir cerca de 100 mil kWh; destina-se a servir aquela companhia e a Vila de Novo Redondo.

No rio Cuando —concessão do C. F. B., deve produzir cerca de 2 milhões de kWh; destina-se a servir aquela companhia e a cidade de Nova Lisboa; é,

porém, hoje, absolutamente insuficiente.

No rio Cuito—concessão da Câmara de Silva Porto, deve produzir cerca de 300 mil kWh; destina-se a servir a cidade de Silva Porto, mas é absolutamente insuficiente pelo que existe uma central térmica.

No rio Malange—concessão da Câmara de Malange, deve produzir cerca de 300 mil kWh; é absolutamente insuficiente pelo que existe uma central térmica.

Existem ainda vários pequenos aproveitamentos hidroeléctricos, destinados a servir várias Fazendas, destes há a destacar uma série de aproveitamentos que utilizam as águas do rio Cubal, na Ganda; um no Catumbela, da Cassequel, podendo dar cerca de 2 milhões de kWh, e ainda um pequeno aproveitamento nas quedas do Coemba, no alto Quanza, da CUF.

5 — Inventário das possibilidades hidroeléctricas

Em face da penúria de elementos topográficos e dados hidrológicos torna-se muito difícil fazer um inventário completo e preciso das possibilidades hidroeléctricas da província de Angola.

No entanto, o Eng.º José Colen, em 1943, fez uma estimativa sobre a capacidade potencial dos recursos hidráulicos dos rios de Angola, na hipótese do seu aproveitamento se fazer sem regularização estival, e obteve:

1 — Bacia do Quanza (com o Lucala)
Potência — 2.500.000 C. V.
Energia — da ordem dos 8 biliões de kWh.

2 — Bacia do Cunene
Potência — 1.800.000 C. V.
Energia — da ordem dos 6 biliões de kWh.

3 — Bacia do Longa
Potência — 300.000 C. V.
Energia — da ordem de 1 bilião de kWh.

4 — Bacia do Cuvo
Potência — 280.000 C. V.
Energia — da ordem dos 900 milhões de kWh.

5 — Bacia do M'Bridge
Potência — 220.000 C. V.
Energia — da ordem dos 800 milhões de kWh.

6 — Bacia do Catumbela
Potência — 200.000 C. V.
Energia — da ordem dos 700 milhões de kWh.

7 — Bacia do Loje
Potência — 180.000 C. V.
Energia — da ordem dos 600 milhões de kWh.

8 — Bacia do Dande
Potência — 170.000 C. V.
Energia — da ordem dos 600 milhões de kWh.

9 — Bacia do Bengo
Potência — 150.000 C. V.
Energia — da ordem dos 500 milhões de kWh.

10 — Bacia do Coporolo
Potência — 100.000 C. V.
Energia — da ordem dos 300 milhões de kWh.

11 — Outros rios mais pequenos da vertente atlântica
Potência — 250.000 C. V.
Energia — da ordem dos 800 milhões de kWh.

12 — Bacia do Zaire
Potência — 1.500.000 C. V.
Energia — da ordem dos 5 biliões de kWh.

13 — Bacia do Zambeze
Potência — 500.000 C. V.
Energia — da ordem dos 1,5 biliões de kWh.

14 — Bacia do Cubango
Potência — 300.000 C. V.
Energia — da ordem dos 0,9 biliões de kWh.

15 — Bacia do Cuando
Potência — 150.000 C. V.
Energia — da ordem dos 400 milhões de kWh.

O total da energia desta estimativa, é de 28 biliões de kWh., para toda a província de Angola.

Pelo Engenheiro Trigo de Morais e com elementos mais precisos, estão avaliadas as possibilidades energéticas das mais altas quedas de Angola, assim:

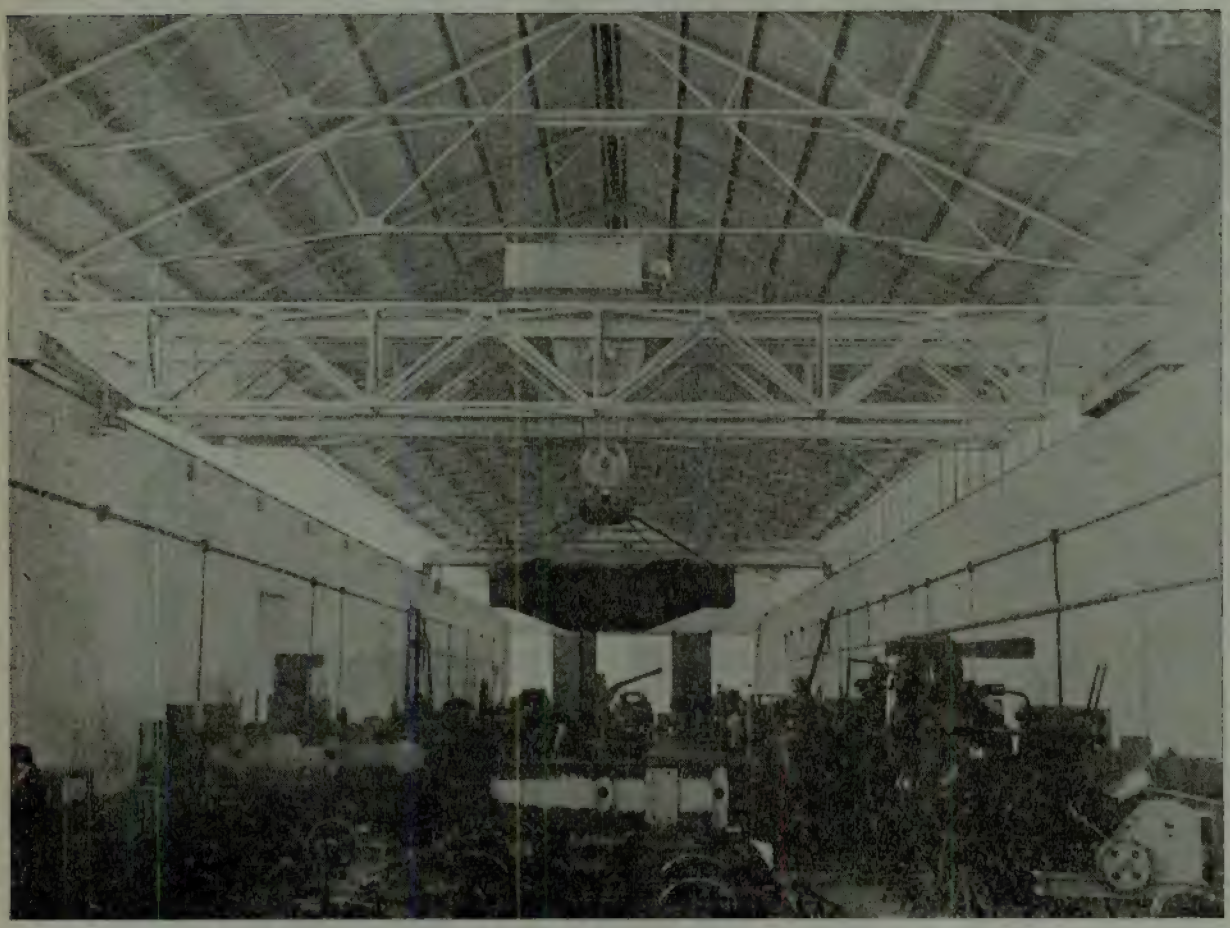
Duque de Bragança, com um caudal permanente de 29 m^3/seg., poderá dar 200 milhões de kWh anuais.

Ruacaná, com um caudal utilizável de 45 m^3/seg., dará 150 milhões de kWh anuais.

MAGUE

S. E. MONIZ DA MAIA & VAZ GUEDES, L.DA

Alverca — Portugal



Ponte rolante MAGUE de 20 Ton., eléctrica, com duas velocidades de elevação

●

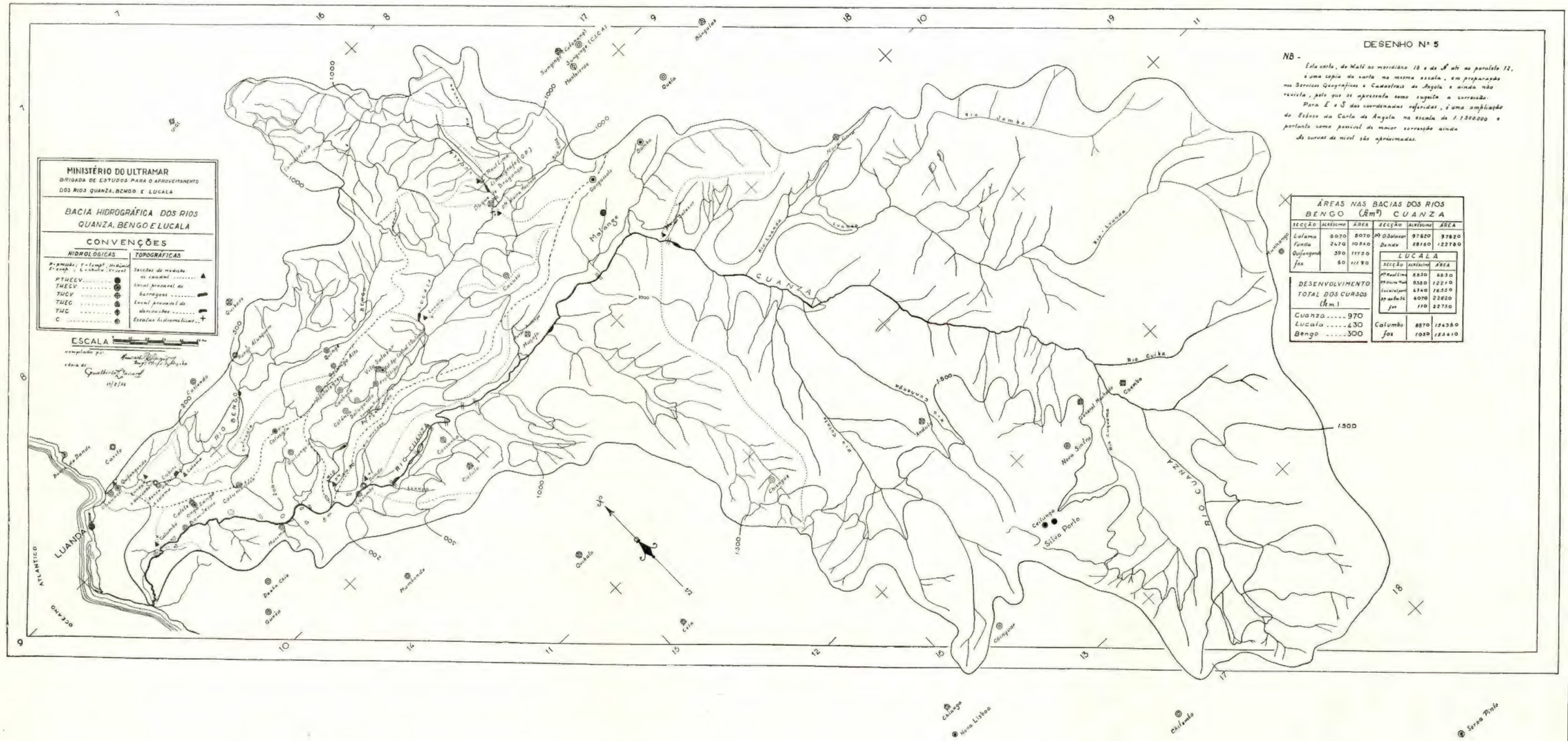
PROJECTO E FABRICO DE

PONTES ROLANTES
GUINDASTES
GRUAS, DERRICKS E GUINCHOS
APARELHOS DE ELEVAÇÃO ESPECIAIS
CONSTRUÇÕES METÁLICAS PESADAS

V-26 CARRO-ELEVADOR ELECTRO-HIDRÁULICO

de forquilha com pneus. De manobra fácil e serviço garantido. Capacidade máxima de elevação: 2 toneladas. Funcionamento rápido, gira fácilmente no seu próprio comprimento. Velocidade: 10 a 15 kms/hora. Peso vazio: 3100 quilos. Altura de elevação: 2 m., 3 m. ou 3,40 m. conforme instruções.

EMPRESA HÚNGARA PARA O COMÉRCIO EXTERIOR DE MÁQUINAS
Budapeste 62. B. P. 183 HUNGRIA


MINISTÉRIO DO ULTRAMAR
BRIGADA DE ESTUDOS PARA O APROVEITAMENTO DOS RIOS QUANZA, BENGO E LUCALA
BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS QUANZA, BENGO E LUCALA
CONVENÇÕES
HIDROLÓGICAS
TOPOGRÁFICAS
Secções de medição no canal
Local provável de barragens
Local provável de derivações
Escalas hidrométricas
ESCALA
DESENHO Nº 5
NB -
Esta carta, do Malé ao meridiano 18 e do S. até ao paralelo 12, é uma cópia da carta na mesma escala, em preparação nos Serviços Geográficos e Cadastrais de Angola e ainda não revista, pelo que se apresenta como sugere a correcção.
Para E e S das coordenadas referidas, é uma ampliação do Esboço da Carta de Angola na escala de 1:1.500.000 e portanto como parcial de maior correcção ainda.
As curvas de nível são aproximadas.
ÁREAS NAS BACIAS DOS RIOS BENGO (Km²) CUANZA
SECÇÃO ACRÉSCIMO ÁREA
Lofuma 8070 8070
Funda 2470 10540
Quijangonda 590 11130
fos 80 11190
SECÇÃO ACRÉSCIMO ÁREA
Pº Quiolassa 97620 97620
Dundo 28160 125780
LUCALA
SECÇÃO ACRÉSCIMO ÁREA
Columbo 8870 134380
fos 1020 135610
DESENVOLVIMENTO TOTAL DOS CURSOS (Km)
Cuanza 970
Lucala 430
Bengo 300
CUANZA
RIO BENGO
RIO CUANZA
LUANDA
ATLÂNTICO
OCEANO
Malange
Rio Cuiba
Rio Jamba
Rio Lucala
Rio Luando
Rio Cuanza
Rio Cuito
Rio Cunene
Rio Cubango
Rio Cuando
Rio Cuando
Rio Cubango
Rio Cunene
Rio Cuito
Rio Cuanza
Rio Luando
Rio Lucala
Rio Jamba
Rio Cuiba
Rio Cuanza
Rio Cuito
Rio Cubango
Rio Cuando
Rio Cunene

Para a bacia do Quanza, acima de Cambambe, podemos rectificar a avaliação feita pelo Eng.º Colen, assim determinou-se que a pluviosidade média anual tinha o valor de 1.200 m/m e a altitude média, dos 123.000 km², era de 1250 m.

A partir destes números conclui-se que o limite teórico das disponibilidades hidráulicas da bacia do Quanza acima de Cambambe, é da ordem dos 500 biliões de kWh. Se admitirmos uma redução para um décimo, atendendo à evaporação, infiltração e rendimento das instalações, chegamos ao valor de 50 biliões de kWh, que possìvelmente será a ordem da grandeza da energia hidroeléctrica que poderá dar aquela bacia, numa utilização integral de todos os recursos.

Este valor, que, evidentemente, não é mais que uma possibilidade teórica, é extraordinàriamente elevado, pois é idêntico ao apresentado por Martincourt, em «L'équipement électrique de la France» como sendo o da avaliação das possibilidades hidroeléctricas totais da França, que, como se sabe, é considerado um país com bons recursos hidráulicos e que tem uma superfície da ordem dos 500.000 km². A vantagem da bacia do Quanza, em relação à superfície total da França, é que enquanto esta tem uma altitude média de 183 m, o Quanza tem, como já dissemos, 1250 m.

Mas as condições extraordinárias da bacia do Quanza, no aspecto hidroeléctrico, vêm ainda melhoradas no aspecto económico do seu aproveitamento, em virtude da grande descida do Quanza se fazer num troço de 120 km a chegar a Cambambe, em que passa da cota 800 m para a cota 15 m. Além disso, nesse troço existem uma série de quedas na vertical e rápidos com grande declive, que conforme mostra o perfil longitudinal do rio nesses 120 km, desenho n.º 6, permitem o aproveitamento de 510 m de altura, distribuídos por 6 aproveitamentos, com obras de condução muito curtas, o que favorece extraordinàriamente a sua economia.

Note-se, ainda, que a bacia hidrográfica ao longo desses 120 km pouco varia, quer dizer a maior parte da bacia do Quanza drena as suas águas além Pungo-Andongo, conforme se verifica no desenho n.º 5; por isso, as condições hidrológicas naquele troço são pràticamente idênticas às que existem em Cambambe.

Os elementos que até hoje se possuem, permitem supor que o caudal característico de estiagem do Quanza, em Cambambe, é da ordem dos 150 m³/seg.

Este valor, extraordinàriamente elevado, e a que não é estranha a área da bacia e a elevada pluviosidade média, conjugada com um regime de chuvas que, em grande parte, da bacia é o mais favorável que se verifica nesta província, dá em aproveitamentos a fio de água dimensionados para aquele caudal, sem sobrequipamento da central:

> 4,8 biliões de kWh no aproveitamento dos 500 m de queda, com melhores condições económicas;

e

> 7,7 biliões de kWh se se admitir o aproveitamento da queda total, ou sejam 800 m.

Porém, os 150 m³/seg. poderão ser aumentados para 200 m³/seg., com uma albufeira da ordem dos 300 milhões de m³, a construir a montante daquele troço e, neste caso, aqueles valores sobem para:

> 6,4 biliões de kWh a aproveitar nos 500 m de queda;

e

> 10,2 biliões de kWh a aproveitar nos 800 m de desnível.

Compare-se estes valores com as possibilidades hidroeléctricas da Metrópole, indicadas pelo Prof. Ferreira Dias na conferência «O desenvolvimento da rede portuguesa de interligação», que são de 10 biliões de kWh, mantendo a utilização das potências instaladas em 2.600 horas anuais, mas que seriam da ordem dos 3 biliões de kWh se a utilização subisse a 6.000 horas anuais, isto é, se não se criassem albufeiras regularizadoras de caudais e se sobreequipassem as centrais.

Quer dizer, os 120 km do médio Quanza com 800 m de desnível são capazes de dar, com uma ligeira regularização, tanta energia como a totalidade dos rios metropolitanos, construindo grandes albufeiras regularizadoras.

Daqui resulta, necessàriamente, que o preço do kWh no Quanza ficará em condições muito mais vantajosas que o kWh médio produzido nos aproveitamentos metropolitanos.

6 — Desenvolvimentos futuros da hidroelectricidade — posição do médio Quanza

Pela avaliação que fizemos no n.º 5 verificamos que as possibilidades hidroeléctricas são enormes, muito embora não existam elementos para uma determinação rigorosa, e estão muito além das que se encontram actualmente em produção ou em vésperas de produzir e que foram referidas no n.º 4.

Num território subdesenvolvido como é Angola, a hidroelectricidade pode desempenhar um papel fundamental no seu futuro, principalmente se o preço do kWh fornecido ficar baixo, sem que se alterem as leis económicas que imperam em todo o mundo.

Por isso, o inventário e a planificação dos futuros aproveitamentos e consumos é assunto de transcendente importância para o progressivo desenvolvimento de Angola.

Com os elementos que possuímos e que tivevemos ocasião de apresentar nesta exposição, e com uma observação cuidada do mapa de Angola, — principais centros de produção e consumo e localização dos aproveitamentos com melhores perspectivas económicas, — concluímos que há dois rios com uma posição geográfica excepcional em Angola e com boas perspectivas de utilização num próximo futuro.

O Cunene, onde já se está a trabalhar, tem enorme interesse para o desenvolvimento do sul de Angola, principalmente no aspecto de uma melhor utilização do solo, corrigindo os desfavores da natureza.

O Quanza com uma extraordinária posição em relação a centros de produção e consumo importantes, como seja a zona do planalto de Benguela, de General Machado a Nova Lisboa, a região do café no Congo, com Vila Salazar, Golungo Alto e Uige e o colonato europeu da Cela, para não falarmos em centros naturalmente indicados a serem servidos pela energia do Quanza, como sejam a cidade de Malange, a zona algodoeira de Catete e a cidade de Luanda.

E como o Cunene se encontra em execução é do Quanza que mais pormenorizadamente nos vamos ocupar.

De facto, não se conhece nem se vê possibilidade de aproveitamentos hidroeléctricos mais económicos que os do médio Quanza para poderem vir a servir a zona centro e norte da Província, incluindo a região de Luanda.

É certo que existem nesta zona, mas mais afastadas de Luanda, as quedas do Duque de Bragança, no Lucala, com uma produção pequena comparada com as possibilidades do médio Quanza, e que verão o seu interesse hidroeléctrico diminuído se as águas do Lucala forem aproveitadas na irrigação por gravidade duma extensa área a juzante das quedas.

De facto, não parece de grande interesse manter a reserva hidroeléctrica do Duque de Bragança, mesmo para um futuro largo, atendendo às extraordinárias possibilidades e condições extremamente económicas da produção de energia no médio Quanza, desde que as águas do Lucala possam vir a beneficiar a irrigação de extensas áreas com óptimas condições para a colonização e servidas por um caminho de ferro, que lhes dá grande valorização.

Também existem nesta região, as quedas de Francisco José e D. Luís, no Cuango, de que não há elementos hidrológicos nem topográficos, mas que a área e a situação da bacia drenante permitem supor terem boas condições de aproveitamento. Porém, a sua situação francamente mais afastada dos centros de consumo que o médio Quanza, não lhe dão perspectivas de virem a ser aproveitadas num próximo futuro.

Fica-nos assim, o médio Quanza como fonte quase inesgotável e com condições muito económicas de aproveitamento.

De facto, as condições naturais que trazem economia a um aproveitamento hidroeléctrico, são, segundo Leviant (1):

1.º — Uma forte inclinação do rio e consequentemente obras de condução curtas.
2.º — Uma boa bacia drenante com possibilidades de dar caudais importantes, nomeadamente os de estiagem.
3.º — Uma situação geográfica que permita curta ligação aos centros de consumo.

Todas estas condições têm os aproveitamentos indicados no desenho n.º 5 para o médio Quanza, e ainda há a possibilidade de criação de bons reservatórios de regularização a montante daque-

(1) Em «Aménagements hydro-électriques — tomo I Nouvelles doctrines dans la conception des projects».

DESENHO Nº 6

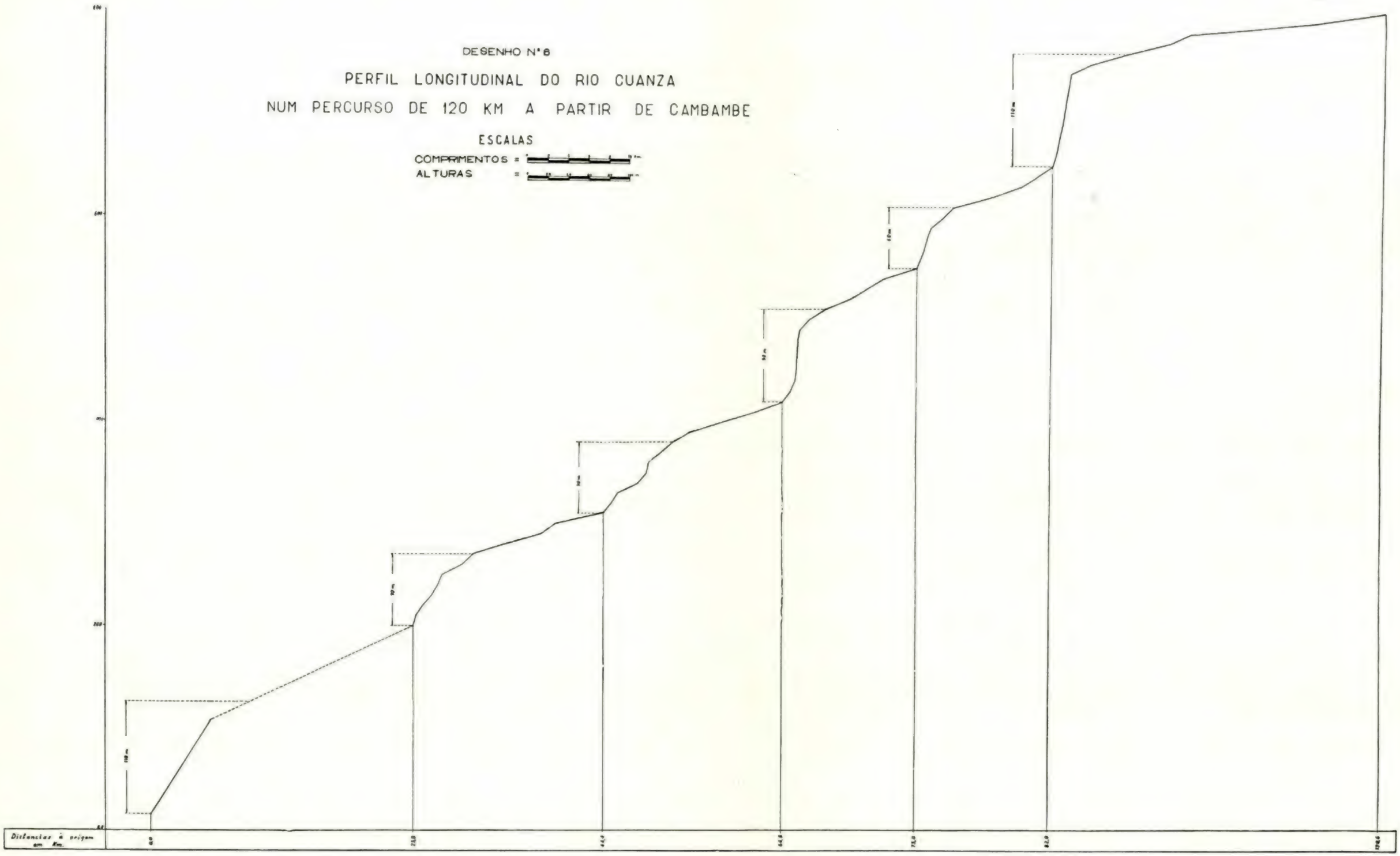
PERFIL LONGITUDINAL DO RIO CUANZA

NUM PERCURSO DE 120 KM A PARTIR DE CAMBAMBE

ESCALAS

COMPRIMENTOS =

ALTURAS =



les desníveis, que poderão vir a valorizá-los num futuro longínquo.

7 — Elementos extraídos do anteprojecto do aproveitamento de Cambambe

Evidentemente, que o aproveitamento do médio Quanza terá de ser escalonado por fases, de acordo com as necessidades da região a servir.

Para o estudo da primeira fase do seu aproveitamento encontra-se elaborado um anteprojecto, o do aproveitamento de Cambambe, que tem a real vantagem de estar servido até ao Dondo, a cerca de 15 km, por caminho de ferro, e dentro de alguns anos por estrada, o que favorece os problemas da sua construção.

Desse anteprojecto (1) tiramos os seguintes elementos:

Potência total instalada	116.000 kW
Produção anual nas barras da central	1.016 milhões de kWh
Custo de produção do kWh posto em Luanda, admitindo um juro de 4 % ao capital empatado, amortização da parte mecânica em 20 anos e das obras de engenharia civil em 50 anos e um factor de carga para a energia gasta em Luanda de 50 % . .	$094

Este valor sobe, porém, para $132, admitindo a instalação, numa primeira fase, de metade da potência da central e terá um valor mais elevado enquanto o consumo não atingir a ordem de grandeza dos 230 milhões de kWh anuais.

*

* *

Este aproveitamento está dimensionado para o caudal de estiagem e, como não existe regularização de caudais, a produção pode ter um carácter permanente durante as 24 horas do dia, quer dizer a potência instalada pode dar uma utilização de 8.400 horas ou até as 8.760 horas.

Mas como o diagrama normal dos consumos não se pode adaptar a esta produção e, na hipótese da central de Cambambe ter que cobrir as pontas, a utilização da potência instalada será muito inferior, muito embora haja toda a vantagem de utilizar a energia sobrante ou normalmente desperdiçada.

Por isso, por um lado convém que existam consumos que preencham os vazios do diagrama de cargas normal e está, nesse caso, a rega por electrobombagem e a electroquímica. É esta a razão decisiva que levou a adoptar-se a electrobombagem para a rega da zona entre o Dondo e Luanda.

E, por outro, existirá toda a conveniência na interligação com aproveitamentos com albufeiras regularizadoras — está nesse caso o aproveitamento das Mabubas — ou no apoio duma central térmica para dar as pontas do consumo, desde que o custo da produção térmica seja baixo, e, neste caso, os jazigos de petróleo descobertos na região de Luanda podem vir a dar, no futuro, condições óptimas de produção às centrais hidroeléctricas a fio de água do médio Quanza.

8 — Planeamento do consumo para a produção do aproveitamento de Cambambe

A grande produção do aproveitamento de Cambambe em relação aos actuais consumos da região e a qualidade da energia produzida obrigam a que se planeie a utilização do consumo, doutro modo, a pouca produtividade desta obra durante largos anos não traz os benefícios desejados à colectividade e, consequentemente, não pode ser considerada económica nem dá possibilidade da evolução económico-social se fazer em bom ritmo.

É, pois, assunto de transcendente importância que merece o carinho dos espíritos mais esclarecidos em assuntos económico-políticos e que se deve fazer com a imaginação a acompanhar o sentimento e a competência a acompanhar a leitura desapaixonada das cifras.

Por isso, é natural que nós só abordemos as linhas gerais desse planeamento, visto que muitos estudos de pormenor há a fazer por técnicos especializados.

Assim, julgamos que a energia de Cambambe pode ter as seguintes aplicações principais:

a) *Numa melhor utilização do solo*

De facto, já vimos que a qualidade da energia de Cambambe está especialmente indicada para

(1) Trata-se dum anteprojecto elaborado pelo autor deste trabalho.

a utilização na rega por electrobombagem que pode, perfeitamente, ter um horário de acordo com os vazios do diagrama de cargas de Luanda.

E se atendermos a que o vale do Quanza tem problemas de enxugo que não podem ser resolvidos sem energia a baixo custo, verificamos o enorme interesse que a energia de Cambambe tem para a recuperação de solos fertilíssimos.

E com energia a baixo custo é de admitir, também, a electrificação de parte dos trabalhos de lavoura.

Existe, pois, uma útil aplicação da energia de Cambambe na melhoria das condições de utilização dos solos, a desenvolver-se progressivamente e que pode atingir os 200 milhões de kWh anuais, quando estiverem aproveitados 100.000 hectares de terras.

b) *Na colonização*

Aplicamos aqui o termo colonização no sentido lato da palavra, isto é, a fixação de famílias europeias em terras africanas, qualquer que seja o tipo de ocupação.

De facto, a vulgarização da energia eléctrica na habitação, pela sua utilização no ar condicionado e nos usos electro-domésticos pode ser, quanto a nós, um forte motivo para a fixação definitiva de famílias europeias no «habitat» tropical. Pois, se é certo que foi o fogo e depois a energia transformada em calor, que fez estender a civilização mediterrânea às zonas frias do globo, é natural que venha a ser a energia eléctrica, modificando as condições de habitalidade, que venha a fixar os europeus nos trópicos em sociedades estáveis.

Para isso, foi preciso que se tivesse verificado a evolução técnica nos aparelhos de condicionamento de ar de modo a torná-los acessíveis à maioria das populações e é necessário que as tarifas de consumo doméstico sejam baixas e degressivas.

A evolução de consumos que pode trazer estas utilizações será progressiva e admite-se que possa atingir, cerca do ano de 1970, os 400 milhões de kWh, em Luanda.

c) *Na industrialização*

Além da pequena industrialização que um aglomerado humano progressivamente vai necessitando, parece-nos que se podem prever três indústrias com grandes consumos e com boas condições para absorver grandes blocos de energia da qualidade que pode fornecer o aproveitamento de Cambambe.

Em primeiro lugar, queremo-nos referir à indústria dos fertilizantes, em especial aos adubos azotados, que vem afinal melhorar também a utilização dos solos, e que parece necessária para uma boa produção agrícola, visto que é sabido que o clima tropical origina solos pobres e fàcilmente esgotáveis. (1)

Em segundo lugar a energia, em boas condições de preço, pode dar ocasião ao desenvolvimento da indústria mineira, em especial na zona de Malange ao Dondo, que parece ter boas perspectivas mineralógicas.

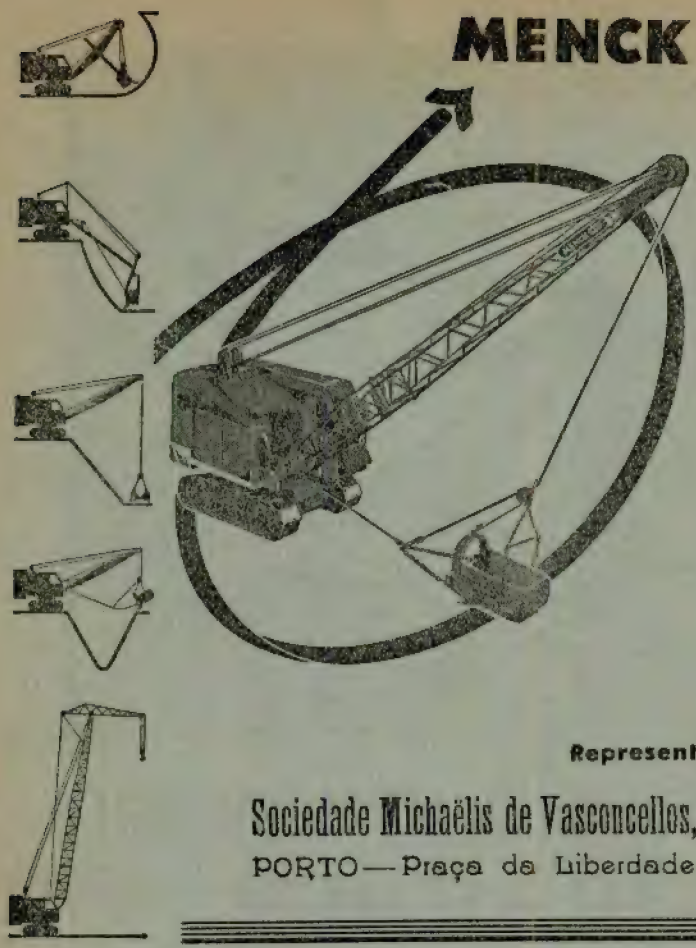
Por último, e num estado mais adiantado da indústria mineira, é natural que se possa pensar na montagem nesta região de indústrias electrometalúrgicas.

* * *

Para terminar, desejamos fazer nossos uma parte dos comentários que o Parecer da Câmara Corporativa faz ao programa das obras hidroagrícolas e hidroeléctricas incluídas na parte ultramarina do «Plano de Fomento Nacional» em execução:

> «Se para qualquer obra é bem sabido que nunca são demais os estudos e trabalhos preparatórios e que do tempo e dinheiro com eles gastos, mostra a experiência que se têm sempre tirado resultados muito compensadores para a rapidez, economia e qualidade da sua execução, parece desnecessário encarecer as vantagens da aplicação de critério idêntico ao presente caso, em que o empreendimento a realizar assume tão grandiosas proporções.»

(1) Ver Josué de Castro em «Geopolítica da Fome».



Escavadora universal MENK

Modelo M-60

Com cerca de meio metro cúbico de capacidade, trabalhando como dragline

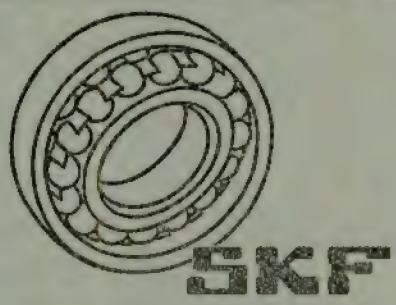
Esta escavadora de potência média, de construção robustíssima, universal, serve para todos os serviços:

escavação acima do nível,
escavação abaixo do nível,
serviço de balde de garras,
serviço de dragline,
serviço de guindaste.

Representantes em Portugal:

Sociedade Michaëlis de Vasconcellos, L.da
PORTO — Praça da Liberdade, 114

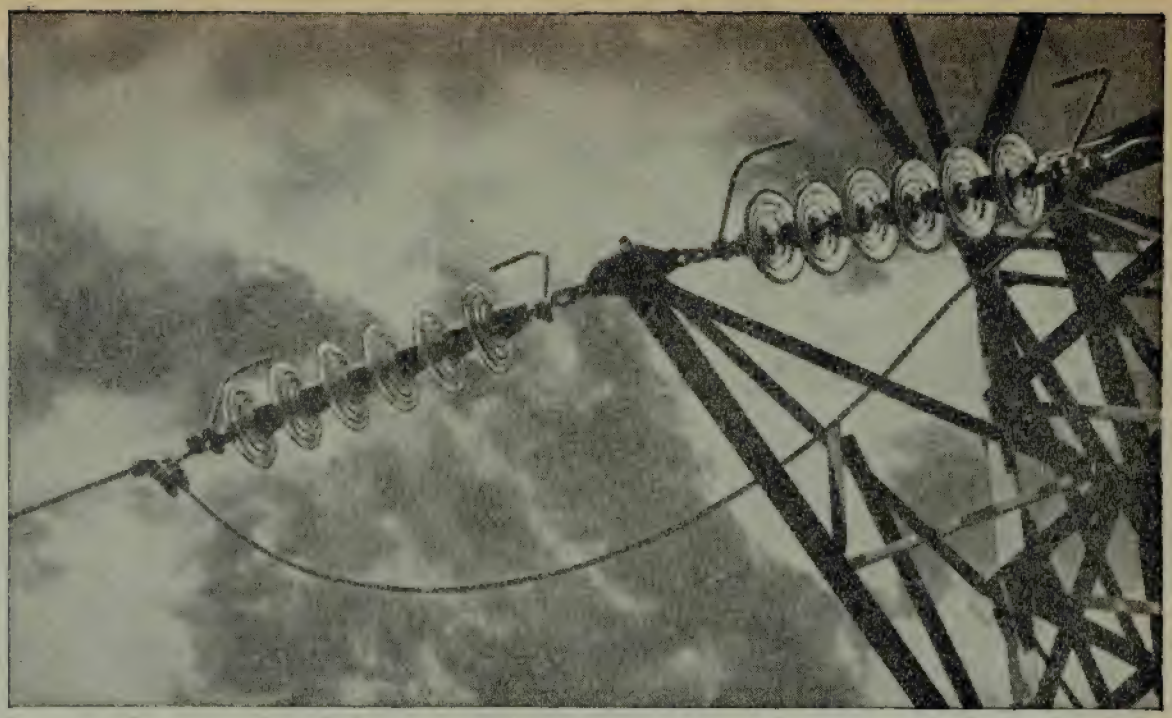
Eng.º J. E. Michaëlis de Vasconcellos
LISBOA — R. Fialho de Almeida, 1



SKF

ROLAMENTOS
CHUMACEIRAS

LISBOA PRAÇA DA ALEGRIA 66-A Telef. 33995-34223
PORTO AV. DOS ALIADOS 150—152 Telef. 29776-29777



Isoladores Ingleses de vidro temperado 'ARMOURLIGHT'

EM TODOS OS CINCO CONTINENTES

A FÁBRICA "PILKINGTON" gosa de justa fama em todo o mundo pelos seus isoladores "ARMOURLIGHT" de vidro presolicitado (temperado), dos tipos de suspensão e rígido. Encontram-se presentemente mais de 6.000.000 em serviço. O seu alto valor é comprovado por mais de 20 anos de utilização em todas as condições atmosféricas, desde as árticas às tropicais. Algumas das razões para o seu sucesso são :—

A sua superior resistência eléctrica

Ensaios utilizando uma onda impulsiva de 1/5 micro-segundo, mostraram uma resistência eléctrica de 1700 kV/cm—aproximadamente 3.½ vezes a dos isoladores de porcelana.

A sua superior resistência mecânica e maior duração

A resistência máxima à ruptura dos isoladores "ARMOURLIGHT" é apenas condicionada pela resistência à ruptura dos acessórios metálicos, visto que a parte de vidro é, de longe, o componente mais forte do isolador e tanto que, na verdade, o seu limite máximo de resistência é desconhecido.

A sua superior resistência aos afeitos do arco

Ensaios de laboratório com arcos de características conhecidas, provaram que a resistência ao arco dos isoladores de disco "PILKINGTON" é duas vezes a dos de porcelana.

A sua superior utilização

Do processo de temperar resulta ficarem as superfícies do vidro submetidas a esforços de compressão, sendo impossível, por conseguinte, abrirem-se brechas na superfície. Na eventualidade de uma falha devida a causas eléctricas, mecânicas ou térmicas, o vidro estilhaça-se completamente, mas a construção é tal que o isolador avariado continua a suportar a sua carga mecânica prevista e a linha não cai. Isto, sem qualquer excepção, é uma característica dos Isoladores de Vidro Temperado "ARMOURLIGHT", o que significa que um isolador avariado (sem vidro), pode ser localisado de longe e assim um sistema de conservação mais económico pode actuar em grandes distâncias, empregando fiscais de linhas inexperientes ou aviação.

Os Isoladores de Vidro Temperado "PILKINGTON" têm sido fornecidos em quantidades para tensões de até 380.000 Volt inclusivé.

Para esclarecimentos técnicos, escrever ao representante:
HARKER, SUMMNER & CA. LDA.,
RUA JOSÉ FALCÃO, 152/156, PORTO
LARGO DO CORPO, SANTO, 14/18, LISBOA
Agente em Espanha:
F. MALCOLM THOMSON S.C.,
VELAZQUEZ 92, 6° IZQDA, MADRID

PILKINGTON BROTHERS LIMITED

INSULATOR SALES DEPARTMENT, RAVENHEAD WORKS, ST. HELENS, LANCASHIRE, INGLATERRA

C. D. U. 541.133 : 621.3.029.6

CONDUTIMETRIA COM ALTA-FREQUÊNCIA

Aplicação à determinação de pontos finais de algumas reacções químicas

PELO ENG.º QUÍM.-IND. (I. S. T.) ANTÓNIO FRANCISCO XAVIER DE MELLO COELHO
Laboratório de Química dos C. E. E. N. (I. S. T.) — Instituto de Alta Cultura

Resumo

No presente trabalho procura-se estudar o método condutimétrico de alta-frequência. Faz-se um estudo teórico do conjunto vaso-solução apreciando-se os factores que nele influem e que interessem à análise química. Como complemento, apresenta-se os resultados obtidos na sua aplicação a vários tipos de reacções químicas e uma análise comparativa entre os métodos condutimétricos de alta e baixa frequência.

Usa-se um oscilador de rádio-frequência, com grande estabilidade, que dá a possibilidade de se trabalhar a 2, a 5 e a 10,7 megaciclos por segundo.

Os resultados obtidos dão-nos a certeza das grandes vantagens deste novo método de análise.

Introdução

O estudo dos métodos de alta-frequência datam já, de há cerca de 20 anos, quando Blake sugeriu a aplicação de frequência da ordem das empregadas na rádio, nos métodos de condutimetria. Porém a sua sugestão só teve aplicação prática em 1946 quando Jensen e Parrack apresentaram um tipo de oscilador de rádio-frequência aplicável às determinações de condutividades.

A partir daí, vários tipos de aparelhos se tornaram conhecidos, e os seus esquemas têm sido publicados em várias revistas que versam estes assuntos.

Para este nosso trabalho baseámo-nos em dados apresentados por Hall e Gibson (1), e num livro de Delahay (2), que foca este assunto com algum pormenor.

Até agora a natureza dos trabalhos publicados, é, a maior parte das vezes, ou de estudo das possibilidades do método ou então, de apresentação de esquemas de aparelhagem que são, por vezes, a adaptação de outros conhecidos.

A razão que nos moveu ao presente trabalho, foi a de estudar as possibilidades que a condutimetria de alta-frequência oferece à determinação dos pontos finais das reacções químicas aplicadas em análise, com vantagens sobre a condutimetria na frequência ordinária de 50 ou 1000 ciclos/segundos.

As principais dessas vantagens, são as seguintes:

a) maior precisão na determinação dos pontos finais conseguindo-se detectar maiores diferenças entre os valores da condutância correspondentes a concentrações muito próximas;

b) permitir trabalhar com os eléctrodos não mergulhados na solução evitando-se desta forma o seu envenenamento, os possíveis fenómenos de sobretensão e uma evidente simplificação na montagem;

c) permitir estudar soluções de concentração muito baixa;

d) possibilidade de aplicação aos estudos sobre cinética química, bem como aos de constituição dos compostos químicos;

e) fácil aplicação a todas as medições em que haja variação da condutibilidade específica ou da constante dieléctrica do sistema.

I

Considerações teóricas

Do ponto de vista teórico, o princípio em que assentam os métodos condutimétricos de alta-frequência é o mesmo em que se baseiam os de baixa-frequência. Assim o factor fundamental dos

métodos de alta-frequência é a variável condutância que, quer a alta como a baixa frequência, tem importância capital em todo o nosso trabalho.

Da equação

$$k = k_0 \frac{a}{l}$$

em que são:

k — condutância a baixa-frequência correspondente a uma dada concentração.

k_0 — condutividade específica.

$\frac{a}{l}$ — constante do vaso (**a** é a secção recta e **l** a distância entre eléctrodos)

concluímos que a condutância a baixa frequência depende da condutibilidade específica da solução e da constante do vaso.

Para um dado vaso e para um dado par de eléctrodos, $\frac{a}{l}$ é constante, e portanto, a única variável de que k depende é da condutibilidade específica da substância em estudo. Logo, interessa-nos conhecer quais as variáveis que influem no valor desta grandeza e que, como se sabe, são:

a) concentração iónica
b) grau de ionisação
c) natureza química dos iões
d) temperatura
e) viscosidade do solvente
f) fenómenos de hidrólise e solvatação que têm lugar durante o ensaio.

Na condutimetria a A. F. além destes factores há ainda a considerar a frequência com que se trabalha, a constante dieléctrica da solução, (influenciada pelos dipolos nela existentes: quer sejam moléculas polares do solvente quer resultem do acoplamento de iões em pares) e finalmente as características eléctricas do vaso e as constantes do circuito do oscilador. A influência destes factores será apresentada mais adiante quando estudarmos o circuito eléctrico equivalente do conjunto vaso-solução.

Devido ao facto de a condutância de um soluto ser proporcional à sua concentração, podemos empregar esta grandeza para titulações volumétricas, uma vez que os iões presentes, com as suas mobilidades próprias, contribuem para que as curvas de titulação apresentem pontos angulosos. São estes pontos que nos interessa determinar, uma vez que nos definem com rigor as quantidades estequeométricas das substâncias presentes.

Do esquema eléctrico do aparelho, interessa sobretudo estudar em pormenor o troço relativo ao conjunto vaso-solução, porque é pela variação das características eléctricas deste que mais fàcilmente podemos obter as condições óptimas para realizar determinada titulação.

Porque usámos um aparelho com circuito capacitivo, será este tipo de circuito que estudaremos com maior desenvolvimento, limitando-nos apenas a fazer breve referência ao circuito indutivo. Para este estudo fomos buscar os dados ao livro «New instrumental methods in electrochemistry» de Delahay.

O circuito equivalente ao conjunto vaso-solução pode ser esquematizado como se indica na fig. 1.

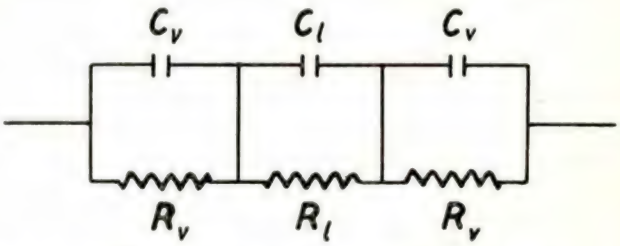


Fig. 1 — Circuito equivalente do sistema vaso-solução

Por questão de simplificação de estudo vamos substituir este circuito por outro (circuito fundamental equivalente), que tem a vantagem de ser mais elucidativo e de mais facil compreensão. Assim, de futuro, referir-nos-emos sempre ao circuito que indicamos na fig. 2.

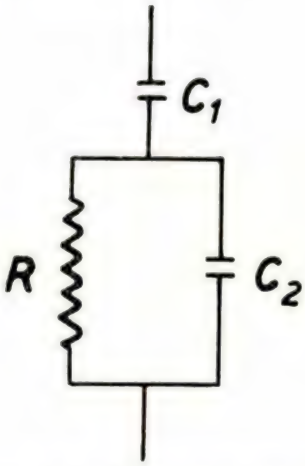


Fig. 2 — Circuito fundamental equivalente do sistema vaso-solução

Neste circuito C_1 representa a capacidade devida ao sistema «anel metálico — parede do

vaso», em que o vidro funciona como dielétrico, e C_2 e R as características eléctricas da solução em que R é a sua resistência e C_2 a sua capacidade. É de notar que não se encontra representado no esquema a resistência das paredes do vaso, porque, sendo o seu valor muito grande em relação à resistência do soluto, considera-se desprezível o seu efeito nas curvas de titulação.

Segundo Hall e Gibson, o circuito equivalente que deve ser preferido quando a solução tem valor de condutância apreciável deve ser o apresentado na fig. 3, que representa uma resistência colocada em paralelo com uma capacitância.

O esquema pode ser simplesmente o que vem abaixo indicado.

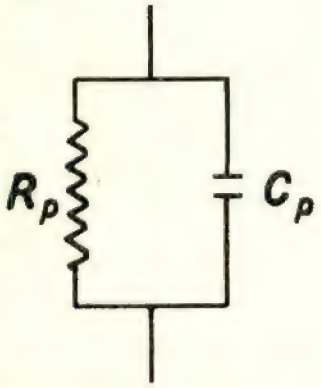


Fig. 3 — Circuito equivalente para sistema com condutância apreciável

Delahay apresenta a expressão abaixo indicada como a equação que dá o valor da corrente de admitância neste troço do circuito:

$$Y = G_p + j\,B_p$$

Dela podemos concluir que Y, admitância, é a soma de dois termos: G_p, condutância, e $B_p = -\frac{1}{C\omega}$, susceptância, do circuito.

Passemos ao estudo de cada uma das parcelas desta igualdade para sabermos quais os parâmetros de que dependem bem como a influência que possam vir a ter na forma das curvas obtidas nas titulações.

Assim o termo de condutância de alta-frequência, tem como expressão analítica

$$G_p = \frac{k\,\omega^2 C_1^2}{k^2 + \omega^2 (C_1 + C_2)^2} = \frac{1}{R_p} \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

Nesta expressão, é:

G_p — condutância a alta frequência
R_p — resistência da solução
k — condutância da solução a baixa frequência
$\omega = 2\,\pi\,f$ — pulsação da corrente
C_1 — capacitância devida às paredes do vaso
C_2 — capacitância devida à solução.

Se fizermos uma análise desta função, podemos concluir que G_p cresce com C_1, e que, quando esta tende para infinito, G_p tende para k. Por outras palavras, quando a capacidade devida às paredes do vaso toma valor infinitamente grande, desaparece o efeito da alta-frequência e tudo se passa como se estivéssemos a trabalhar com frequências até 1.000 ciclos/segundo.

Se tomarmos agora a variável k, condutância a baixa-frequência, verifica-se que a função G_p apresenta um ponto de estacionaridade, quando supomos todas as outras variáveis fixas, admitindo apenas que é k que varia. Assim para valores nulos de k, G_p anula-se, enquanto que se admitirmos que k cresce além de todo o limite, G_p tenderá para zero.

Da equação 1, concluímos que a condutância G_p, varia directamente com a frequência, tomando o valor zero para frequência nula. Delahay, mostra-nos que a condutância a alta frequência é independente da natureza do electrólito, dependendo ùnicamente da condutância a baixa-frequência, como atrás nos referimos.

Para podermos avaliar «à priori» a forma das curvas de titulação, bem como o valor máximo da condutância a alta-frequência, valor este que terá interesse como adiante veremos, vamos diferenciar a equação 1 e igualamos a derivada a zero. Obtemos portanto, o ponto de estacionariedade.

$$\frac{d\,G_p}{d\,k} = \frac{\omega^2 C_1^2 [\omega^2 (C_1 + C_2)^2 - k^2]}{[k^2 + (C_1 + C_2)^2]^2}$$

e para

$$\frac{d\,G_p}{d\,k} = 0 \quad \text{vem } k_{est} = \omega\,(C_1 + C_2)$$

Para este valor de k, a condutância G_p toma o valor

$$G_{est} = \frac{\omega\,C_1^2}{2\,(C_1 + C_2)}$$

Se admitirmos que as paredes do vaso são espessas, C_1 será desprezivel em relação a C_2 e ficaremos então com a seguinte relação

$$f_{est} = \frac{1{,}8 \times 10^{12}\, k_0}{D}$$

válida sómente para este caso, e em que k_0 é a condutividade específica da substância a baixa-frequência e D a constante dieléctrica do solvente. Esta expressão, permite-nos calcular analìticamente o valor da frequência que devemos usar para cada substância e para cada solvente.

Esta última expressão é análoga à que Debye-Falkenhagen deduziram para interpretar a influência da variação da frequência na condutância de uma solução. Esta coincidência levou vários autores a conclusões que segundo Lingane, Walton, Willard, Merrit e Dean, eram erradas, pois aqueles atribuiam à relaxação da atmosfera iónica, às altas frequências, importância básica na interpretação destes fenómenos, quando hoje, segundo os citados autores, está provado que este efeito dá contributo secundário para o efeito total.

Em experiências efectuadas com vasos de paredes mais finas, a fórmula que dá resultados mais concordantes com a prática é

$$k_{est} = \omega\,(C_1 + C_2)$$

pois agora já não pode desprezar-se a condutância C_1 em presença de C_2.

Se observarmos de novo a equação

$$G_p = \frac{k\,\omega^2\,C_1^2}{k^2 + \omega^2\,(C_1 + C_2)^2}$$

concluímos que sempre que k tome valores baixos, C_P variará directamente com k, porque os valores desta grandesa são muito menores do que os de ω, não sendo portanto de considerar a sua influência nos valores do denominador da fracção.

Para valores de k próximo de zero, a curva de C_p em função de k apresentar-se-á como uma recta com uma inclinação dada por $\frac{C_1^2}{(C_1 + C_2)^2}$, donde se conclue que nunca pode apresentar uma tangente maior do que a unidade.

Daqui podemos deduzir que G_p nunca pode variar muito com k, tal como acontece nas medições efectuadas a baixa-frequência. A porção linear das curvas, obtidas às mais altas frequências, mantém-se durante uma extensão grande dos valores de k, pois começando a valores deste próximos de zero mantém-se até atingir elevados valores.

Se diminuirmos a espessura das paredes do vaso, isto significa que, se se aumentar C_1, a inclinação da curva aumentará aproximando-se da unidade, valor que será atingido quando as paredes forem infinitamente delgadas. Este limite corresponde precisamente ao caso dos eléctrodos se encontrarem mergulhados na solução, o que já anteriormente foi tratado.

Suponhamos, agora, que vamos variar a constante dieléctrica do soluto, o que é o mesmo que dizer, a capacitância C_2. O valor de k_{est} vai variar também, e das experiências já feitas concluíu-se que $G_{p_{est}}$ diminuirá com o aumento da constante dieléctrica do soluto

Do que atrás se disse, conclui-se, que, interessa poder variar a capacitância C_1, pois se a aumentarmos conseguir-se-á levar G_p a valores que podem ir muito além dos que se podem obter com a frequência do oscilador. Temos assim ao nosso dispor uma forma de, para uma dada frequência, se obterem resultados correspondentes a uma outra mais elevada. A maneira mais prática de variar C_1 será a de variar ou a espessura das paredes do vaso, ou a sua forma geométrica.

Porque as curvas de titulação não devem ter pontos de inflexão, e sempre que possível, devem apresentar um andamento rectilíneo, interessa-nos por vezes trabalhar com valores de k_{max} superiores a uma determinada frequência. Outro motivo pode ser o de o máximo de k corresponder a valores muito elevados.

Para determinarmos tanto a frequência óptima de trabalho como os valores de C_1, que nos permitirão escolher a forma geométrica do vaso, mais apropriada para o soluto em estudo, temos que determinar os valores de k para os quais a equação que nos dá G_p apresente os pontos de inflexão.

O respectivo valor de k é dado por

$$k_{max.\ sens.} = \sqrt{3}\,,\ k_{est} = \sqrt{3}\ \omega\,(C_1 + C_2)$$

Este é também o valor da condutância para o qual o aparelho tem maior sensibilidade. Na prática deve-se sempre trabalhar, no caso de soluções de electrólitos muito diluídas, na região

que corresponde aos valores de G_p à esquerda do ponto de estacionariedade.

Vejamos agora qual o valor da capacitância paralela equivalente, C_p, que se encontra representada no esquema mais simplificado.

O valor apresentado por Delahay é:

$$C_p = \frac{C_1 k^2 + \omega^2 C_1 C_2^2 + \omega^2 C_1^2 C_2}{k^2 + \omega^2 (C_1 + C_2)^2}$$

No caso limite de resistência infinita ou, o que é o mesmo, de condutância a baixa frequência nula, o valor de C_p é:

$$C_p = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

Em primeira aproximação esta fórmula serve-nos para calcular o valor das constantes do vaso, bem como também pode ser utilizada para determinar o valor C_1.

A fórmula que nos dá C_p, no caso geral, mostra-nos qual a influência sobre este valor da frequência ω, e da condutância k.

Por experiências feitas com diferentes espécies iónicas, concluíu-se que a capacitância paralela equivalente, é função exclusiva de k, condutância a baixa-frequência, não apresentando esta função nenhum ponto de estacionariedade como se achou para o caso da condutância a alta-frequência. Consegue-se obter grandes variações na capacitância em estudo, quer diminuindo a espessura das paredes do vaso, quer aumentando o diâmetro do mesmo.

Se estudarmos o comportamento da função C_p, já apresentada, somos levados ao valor de k, que corresponde à máxima sensibilidade e que é

$$k_{máx\ sens} = \frac{k_{est}}{\sqrt{3}} = \frac{\omega (C_1 + C_2)}{\sqrt{3}}$$

Esta expressão permite-nos escolher qual a condutância de baixa-frequência que melhor convém para se obter resultados mais precisos.

Delahay prova que o valor de k a que corresponde o ponto de estacionariedade para a condutância de A. F., coincide com o valor da capacitância a A. F., e é a média dos valores extremos que podem ser tomados por esta grandeza.

A sua expressão matemática é a que já apresentámos atrás quando se tratou do estudo do factor G_p:

$$k_{méd} = \omega (C_1 + C_2)$$

Desta expressão vê-se imediatamente que $k_{méd}$ é função directa da alta-frequência.

Quando pretendermos trabalhar com soluções de grande condutividade, deve-se escolher um valor de k próximo dos valores dados por esta equação, o que se consegue ou aumentando ω ou diminuindo C_1. Outra solução será alterar o valor de k e a forma mais simples de o fazer é variar a constante do vaso $\frac{a}{l}$, por meio de escolha de uma forma geométrica mais conveniente para o recipiente utilizado.

Para as soluções de não-electrólitos, ter-se-á que trabalhar em zonas de valores de k mais baixos, e se este tomar um valor muito baixo ter-se-á que aumentar muito a espessura das paredes bem como o diâmetro do vaso, para que o valor de C_p tenha uma variação apreciável com C_2. Esta variação é linear, como convém para as titulações volumétricas, conforme se deduz da fórmula $C_p = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$, aplicável neste caso.

Como as soluções com que normalmente iremos trabalhar são muito diluídas, e portanto o circuito ser equivalente capacitivo, o que nos interessa sobremodo, faremos apenas breves referências aos circuitos equivalentes em série e ao oscilador do tipo indutivo.

O esquema equivalente do circuito em série pode apresentar-se como se vê na gravura 4.

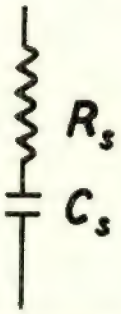


Fig. 4 — Circuito equivalente em série

Se calcularmos a impedância deste circuito equivalente obtemos uma expressão do tipo

$$Z = R_s + j X_s$$

em que

Z — impedância
R_s — resistência equivalente em série
X_s — reactância equivalente.

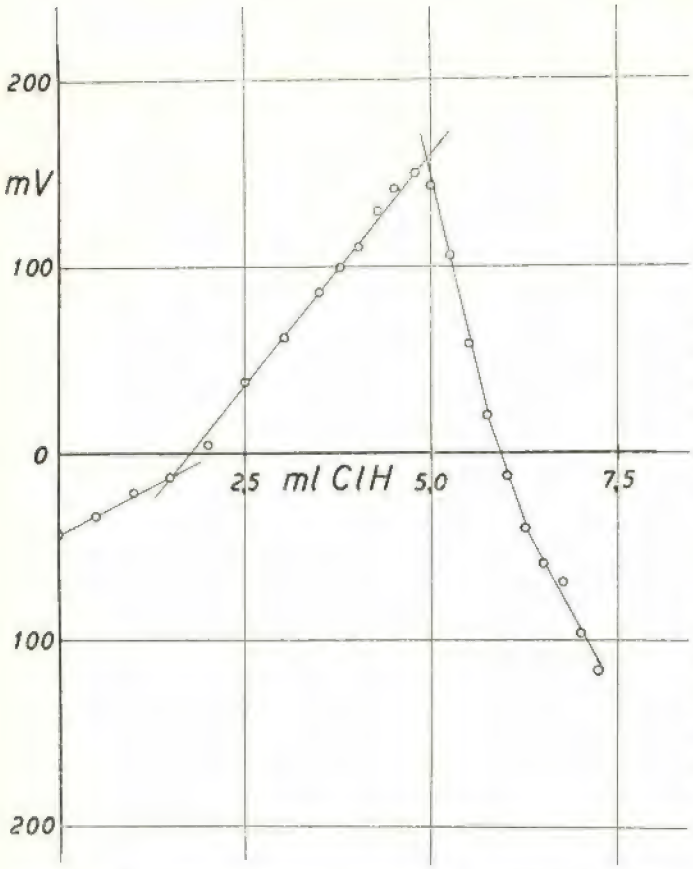


Fig. 5 — Titulação condutimétrica de 5 ml OHNa 0,100 N por ClH 0,101 N (f = 2 mgeicl.; c = 30 μμ F)

A primeira parcela tem como valor

$$R_s = \frac{R}{1 + \omega^2 R^2 C_2^2}$$

Desta fórmula vê-se que está estabelecida uma relação entre a resistência equivalente, a resistência do circuito e os factores que nela têm interferência em alta frequência.

Da sua análise depreende-se que a capacidade C_1, devida às paredes do vaso, não tem qualquer influência em R_s e que sòmente há que atender às características eléctricas da solução e à frequência em que se trabalha.

No limite verifica-se que para altas frequências, R_s anula-se quando R se aproxima do zero. Para baixas frequências, R_s é directamente proporcional a R.

A segunda parcela, C_s, exprime-se pela fórmula:

$$C_s = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{\omega^2 R^2 C_2}{1 + \omega^2 R^2 C_2^2}}$$

Os limites de C_s obter-se-ão tendo em atenção o circuito e a equação apresentada. Assim C_s tenderá para C_1 quando R e ω tenderem para zero, e para $\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ quando R e ω tenderem para valores infinitamente grandes.

O circuito equivalente do oscilador de tipo indutivo é muito difícil de estudar. No entanto ele comporta-se, para soluções de baixa condutividade, como se, no de tipo capacitivo, ligássemos o sistema vaso-bobina em paralelo com um indutor, porque o efeito electromagnético da bobina na solução é desprezível e assim a forma das curvas obtidas são análogas às que se obtém com o do tipo capacitivo.

Embora toda a teoria exposta para o circuito capacitivo seja aplicável ao circuito indutivo, para as frequências mais elevadas e para soluções altamente condutoras, não há uma variação tão brusca na condutância, o que se atribui a perdas, resultantes do facto da solução ser atravessada por correntes de redemoinho, que irão aparecer na condutância electrostática.

II

Método experimental

Do que atrás se disse, conclui-se que é a variação da condutância da solução, provocada pela variação da concentração, o factor determinante dos métodos de titulação por condutimetria a A. F.; no entanto se observarmos os diagramas apresentados na sequência do trabalho, verifica-se que a medida experimental directa, não se traduz por valores de condutância.

Como se disse, estes métodos de titulação utilizam dois processos: o capacitivo, em que o sistema «vaso-líquido a titular», é introduzido no circuito dum oscilador de A. F., como um condensador, e o tipo indutivo em que o mesmo sistema é introduzido no campo duma bobina. Em qualquer dos casos, o conjunto vaso-líquido é percorrido por uma corrente de A. F. que, segundo o tipo e o modo de alimentação do oscilador, é caracterizada por variação da intensidade, da tensão (da grelha ou placa) ou da frequência de ressonância.

No caso presente, utilizou-se circuito do tipo capacitivo, com «resposta» por variação da tensão da grelha. Para as medidas usou-se um voltímetro electrónico, o que nos permitiu traçar dia-

gramas que em ordenadas apresentam o potencial e em abcissas o volume do titulante adicionado.

A razão que nos levou a preferir este método em face de outros em que se mede a variação de capacidade, foi a de neste processo se conseguir maior rigor nas leituras, obtendo-se curvas regulares e reprodutíveis.

Os processos químicos estudados neste trabalho foram neutralizações, precipitações, reacções ácido-sal e complexação. Pretendemos com esta orientação avaliar o comportamento do método perante os tipos de reacções que usualmente se empregam em análise química, objectivo principal que se tem em vista.

A fim de se estabelecer paralelo com os resultados da condutimetria ordinária, repetimos para os dois métodos todos os ensaios nas mesmas condições.

Aparelhagem

Dos vários aparelhos cujos esquemas nos era possível obter (1), foi escolhido o da autoria de Hall e Gibson publicado no «Journal of Chemical Education» e que foi construído no Laboratório de Electrónica dos Centros de Estudos da Energia Nuclear.

O que levou a preferir este esquema foi principalmente a grande estabilidade que apresenta, devido a ter no circuito um cristal estabilizador que não permite à frequência variações que possam influir nos resultados.

O conjunto dos aparelhos para titulações condutimétricas a alta frequência consta, além do oscilador de rádio-frequência, dum vaso destinado a conter a solução e de um aparelho de medida.

O vaso consta de dois copos de vidro Pirex com diâmetros diferentes, estando o interior envolvido por dois anéis de cobre que se encontram perfeitamente ajustados e que funcionam como eléctrodos. Os dois condutores de ligação aos terminais do oscilador saem cada um do seu anel e atravessam o copo exterior, que está por isso provido de dois orifícios laterais. O isolamento dos condutores é feito por meio de poliestireno. Os dois copos estão solidàriamente ligados por meio de rolha de cortiça calafetada também com cola de poliestireno.

O oscilador de rádio-frequência consta resumidamente de duas partes: uma destinada à alimentação e outra, que é o circuito oscilante, do tipo sintonizado na grelha.

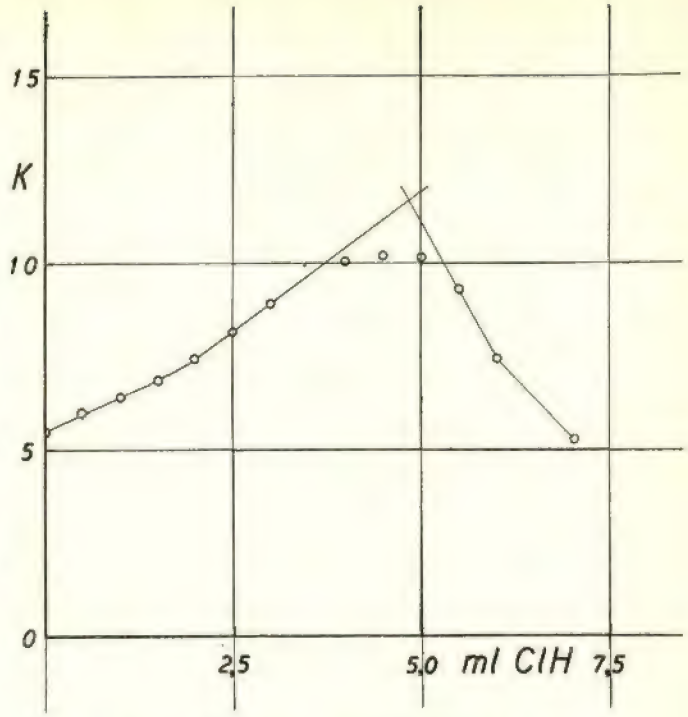


Fig. 6 — Curva de titulação condutimétrica à f = 50 c/s de 5 ml ONNa 0,100 N por ClH 0,101 N

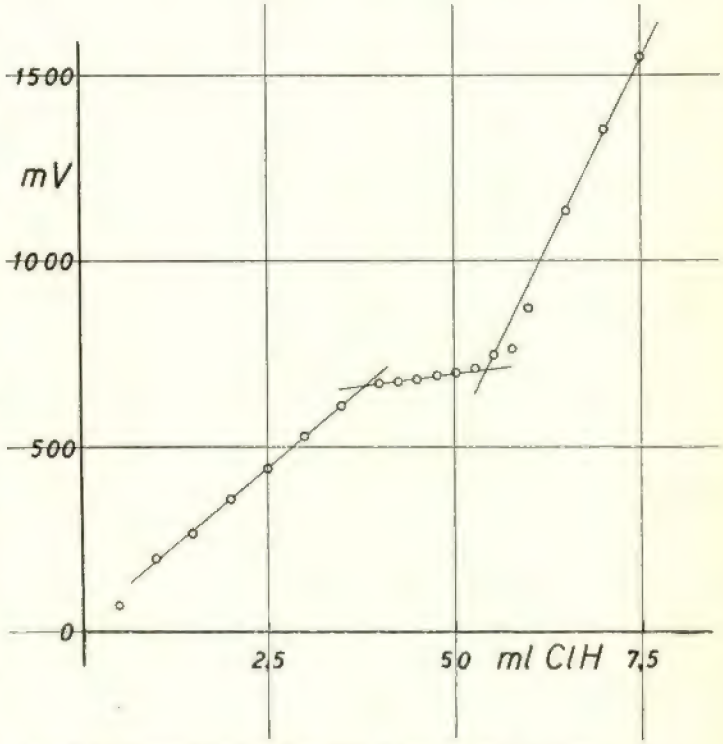


Fig. 7 — Curva de titulação de 5 ml $OHNH_4$ 0,098 N por ClH 0,100 N (f = 5 mgeicl, c = 30 μμ F)

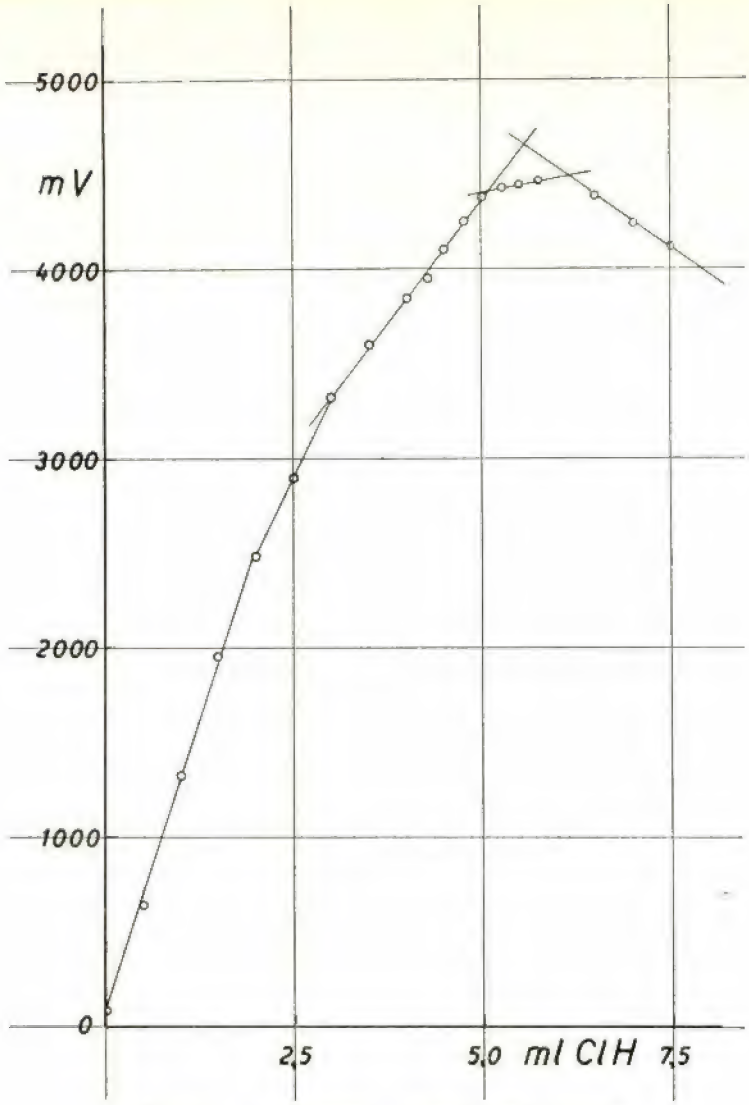


Fig. 8 — 5 ml $OHNH_4$ 0,098 N e ClH 0,100 N
(f = 10,7 mgcicl.; c = 30 $\mu\mu$ F)

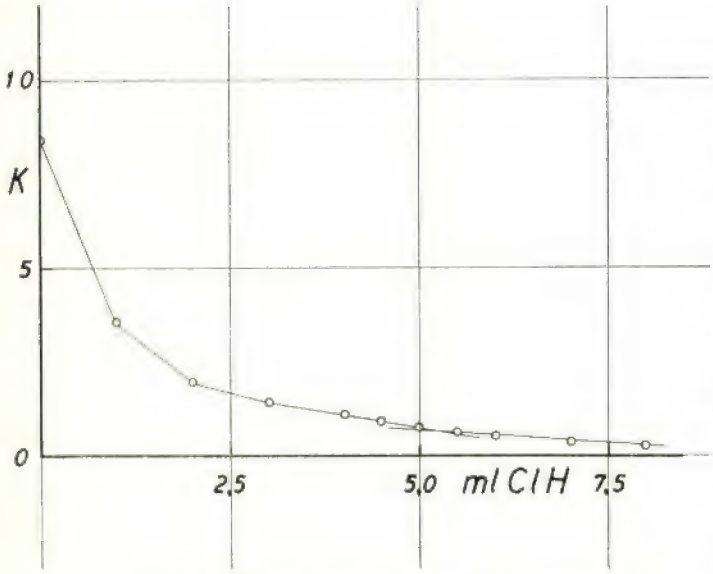


Fig. 9 – Condutimetria a 50 c/s Doseamento de 5 ml $OHNH_4$ 0,098 N por ClH 0,100 N

Integrado no circuito oscilante encontra-se o vaso que irá conter a solução. Para regular a sensibilidade do conjunto encontram-se dispostos em série com o vaso vários condensadores de capacidades 2, 5, 15 e 30 $\mu\mu$ F.

Em paralelo com o vaso está montado um condensador de capacidade variável destinado a sintonizar o circuito.

O aparelho permite trabalhar em três faixas distintas de frequência, 2, 5 e 10,7 megaciclos, conseguindo-se estes valores por meio de mudança do par bobina-cristal estabilizador.

O aparelho de medida usado foi um milivoltímetro electrónico de marca Philips, tipo GM – 6010, que tem 12 escalas distintas, medindo tensões desde 0 milivolt até 300 volts.

O agitador empregado foi um «Synchronous

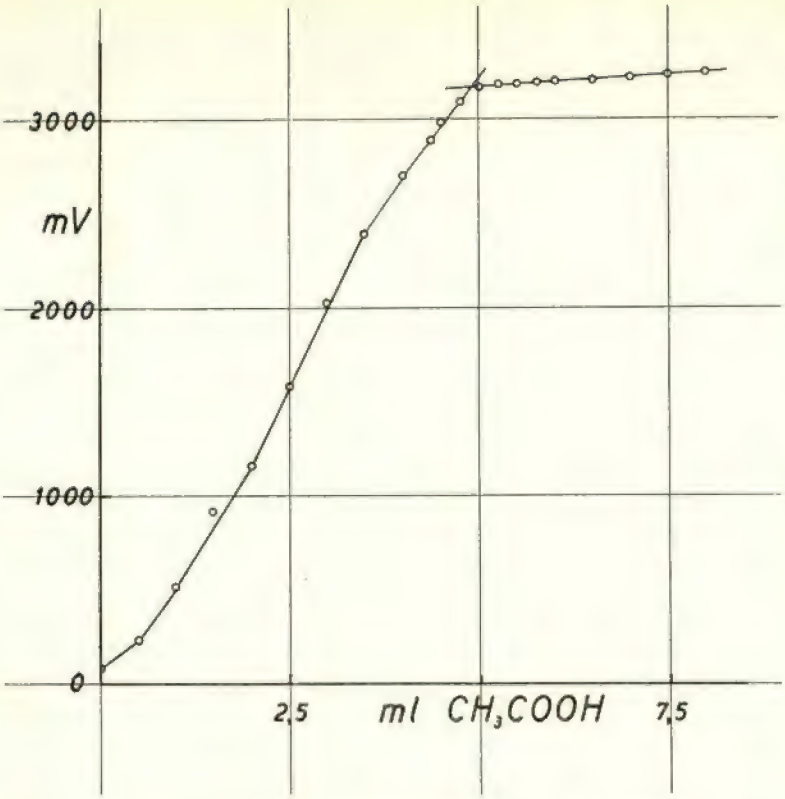


Fig. 10 — Titulação condutimétrica a f = 10,7 mgeicl e c = 30 μμ F de 5 ml $OHNH_4$ 0,098 N com CH_3 COOH 0,097 N

rotator» de marca Sargent, que dá para a frequência da rede, a velocidade de 500 r. p. m.

As medições da condutância à frequência de 50 c/s foram realizadas com um condutímetro Metrohom F – 182 e servimo-nos de eléctrodos de platina-platinada.

Mediram-se os volumes do titulante com microbureta de 10 ml.

Reagentes

Em todos os ensaios empregámos reagentes p. a., sendo a aferição feita por meio de titulações volumétricas, com soluções de sais padrões.

Técnica

Nas titulações condutimétricas a alta-frequência seguimos a técnica normal para a condutimetria vulgar. No entanto o método requere certos cuidados que a seguir indicamos.

Assim antes de iniciar qualquer ensaio, deixámos sempre o aparelho aquecer durante certo tempo, em média 20 a 30 minutos, para ter a

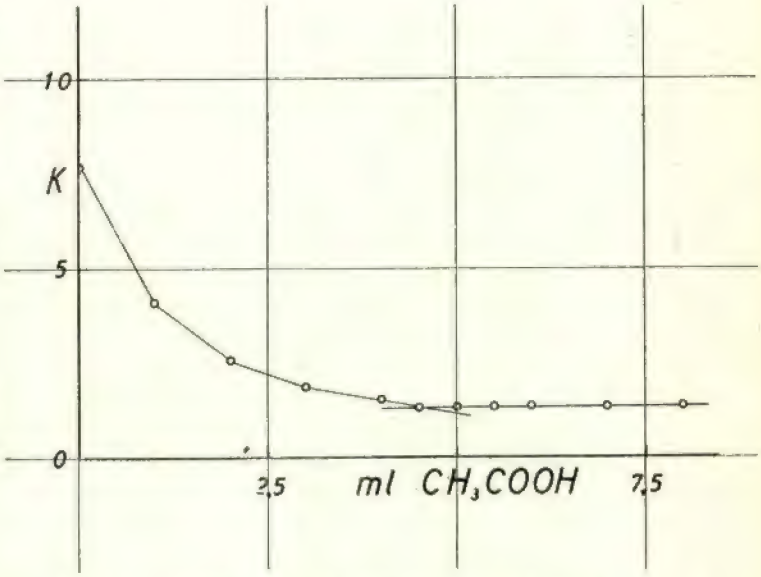


Fig. 11 — Curva obtida na titulação de 9 ml $ONNH_4$ 0,098 N por CH_3 COOH 0,097 N (f = 50 c/s)

certeza de que as curvas não apresentariam anomalias causadas pelo facto do aparelho ainda não estar a trabalhar em regime estacionário. A prática mostrou-nos também que é conve-

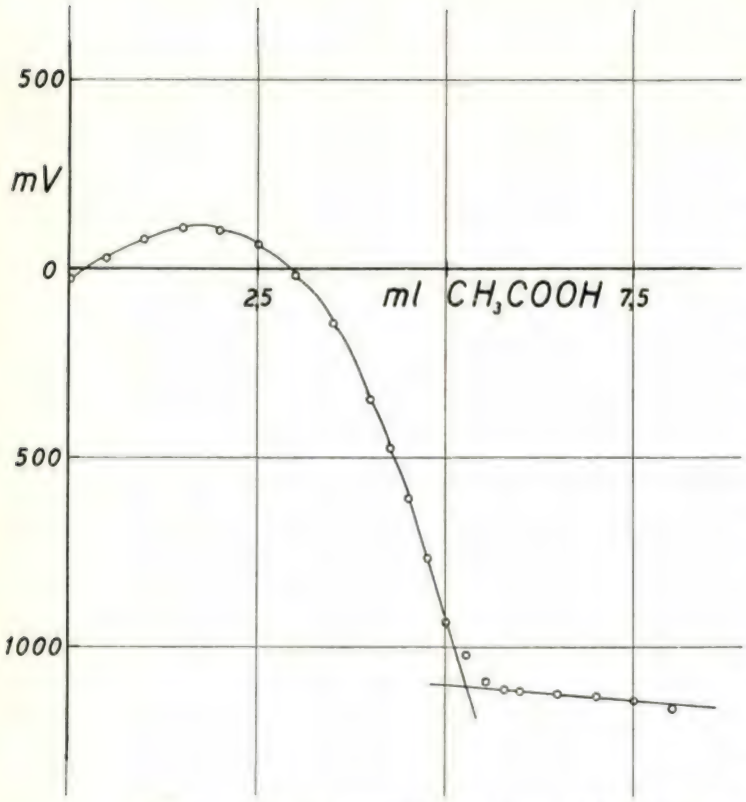


Fig. 12 — 5 ml de OHNa 0,100 N e CH_3 COOH 0,097 N (f = 10,7 mgeicl ; c = 30 μμ F)

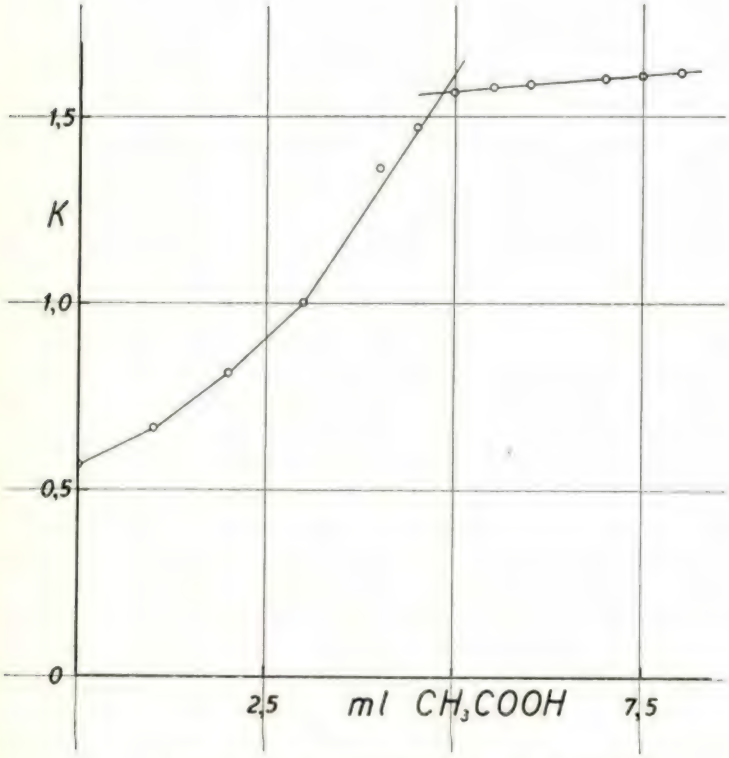


Fig. 13 — Condutimetria a 50 c/s. Doseamento de 5 ml OHNa 0,100 N por CH_3 COOH 0,097 N

niente fazer as leituras com intervalos de tempo regulares e, após várias tentativas, estabelecemos o período de 1 minuto.

Devido às características eléctricas do aparelho, a aproximação de um objecto estranho do vaso de electrólise provoca variação na capacidade do sistema, alterando por conseguinte os resultados, verificando-se este inconveniente com maior acuidade quando se trabalha com frequências muito elevadas. Por este motivo, o observador não deve alterar muito a sua posição em relação ao aparelho, quando se apresta a fazer leituras.

É também necessário que o agitador tenha velocidade de rotação constante, porque qualquer variação desta vai provocar anomalias nos resultados.

Todos os ensaios se realizaram com volume de 80 ml, empregando sempre ou o titulante numa concentração dez vezes maior do que a solução a titular ou, no caso de soluções de igual título, fazendo tomas de pequenos volumes, acabando por preencher o volume atrás citado com água destilada, de forma a evitar-se, tanto quanto possível, o efeito da diluição posterior.

No entanto, todas as curvas que apresentaremos têm os valores do potencial corrigidos. Para fazer a correcção utilizámos a expressão:

$$E = E_0 \times \frac{v + \Delta v}{v}$$

em que E representa o valor do potencial corrigido, E_0 o valor lido no milivoltímetro, v o volume inicial e Δv a variação de volume devido á adição do titulante.

Resultados

Fizemos os ensaios de neutralização utilizando os seguintes sistemas químicos:

$$ClH + OHNa \rightarrow ClNa + OH_2$$
$$ClH + OHNH_4 \rightarrow ClNH_4 + OH_2$$
$$CH_3COOH + OHNa \rightarrow CH_3COONa + OH_2$$
$$CH_3COOH + OHNH_4 \rightarrow CH_3COONH_4 + OH_2$$

Para o sistema ácido forte-base forte utilizámos a frequência de 2 megaciclos visto tratar-se de electrólitos fortes e consequentemente poderem considerar-se totalmente dissociados. Empregámos a capacidade 30 μμ F em série, para obtermos o máximo de sensibilidade. Nota-se no

diagrama o ponto de encontro das curvas representativas da variação das condutâncias de ClH e de OHNa, que nos dá o ponto final da titulação que pretendíamos determinar (fig. 5). Repetimos o ensaio para a condutimetria de baixa-frequência obtendo a curva apresentada na fig. 6.

Para o sistema «ácido forte-base fraca» optámos primeiramente por frequência média, 5 megaciclos, mas os resultados obtidos não nos permitiram determinar o ponto final da reacção.

A curva, apresentando um patamar, fornece-nos dois pontos angulosos, o que não nos permitiu tirar conclusões. (Fig. 7).

Ensaiámos frequência superior, 10,7 megaciclos, o que nos permitiu determinar o ponto final da reacção embora na sua proximidade os pontos obtidos revelem que a frequência ainda não é suficiente para se conseguir determinar a variação de condutância do soluto naquela zona. (Fig. 8).

Com a frequência normal de 50 c/s obtivemos os resultados indicados no gráfico 9.

Para os restantes ensaios e, por se tratar de electrólitos fracos, utilizámos sempre a faixa de frequência de 10,7 megaciclos intercalando uma capacidade de 30 $\mu\mu$F em série com o conjunto vaso-solução. Obtivemos as seguintes curvas para os sistemas químicos indicados a seguir:

Sistema «ácido fraco-base fraca» — Fig. 10 e 11, respectivamente para alta e baixa frequência.

Sistema «ácido fraco-base forte» — Fig. 12 e 13, para alta e baixa frequência.

Para o estudo das reacções de precipitação ensaiámos os seguintes sistemas:

$$2\,ClNa + NO_3)_2\,Ba \rightarrow Cl_2\,Ba$$

$$_2NO_3\,Na\,(NO_3)_2\,Ba + CrO_4K_2 \rightarrow {}_2NO_3K + CrO_4\,Ba$$

As bandas de frequência utilizadas nestes dois ensaios foram diferentes. Assim para o sistema ClNa — NO_3 Ag empregámos o par bobina-cristal correspondente a 10,7 megaciclos, enquanto que para o segundo obtivémos já bons resultados com a banda de 5 megaciclos (Fig. 14 e 15 respectivamente).

Para o primeiro ensaio foi necessário empregar uma capacidade de 30 $\mu\mu$F enquanto que para o segundo não colocámos qualquer condensador em série com o troço copo-solução (Fig. 16 e 17).

Como exemplo das reacções do tipo ácido-sal, escolhemos a seguinte:

$$CO_3\,Na_2 + {}_2\,ClH \rightarrow {}_2\,Cl\,Na + CO_2 + OH_2$$

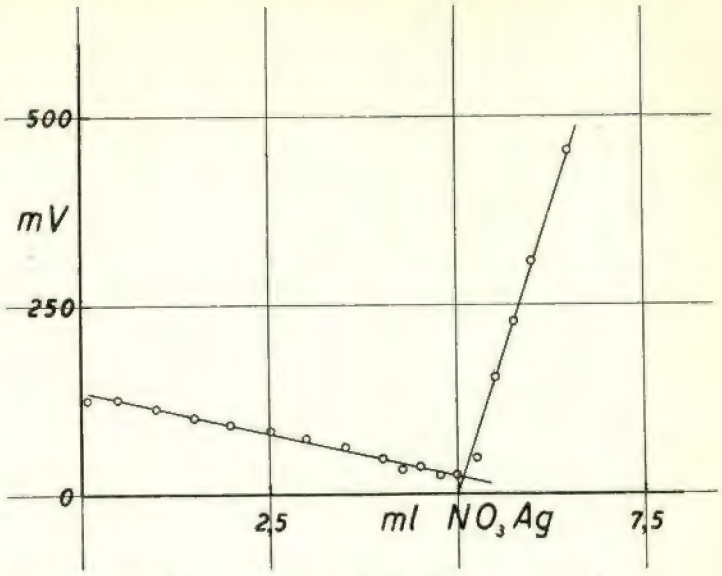


Fig. 14 — Titulação condutimétrica de 5 ml ClNa 0,1 M por NO_3 Ag 0,1 M (f = 10,7 mgcicl; c = 30 $\mu\mu$F)

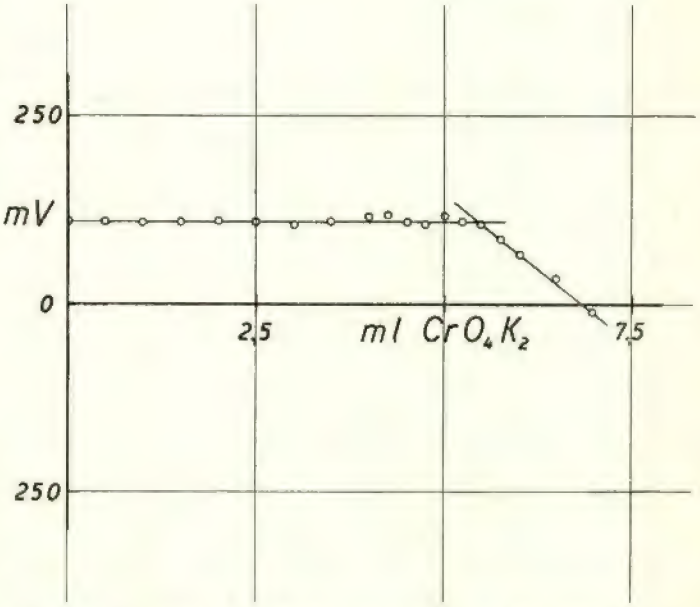


Fig. 15 — Curva de titulação de 20 ml $(NO_3)_2$ Ba 0,013 M por CrO_4K_2 0,048 M (f = 5 mgcicl; C = 0 $\mu\mu$F)

Procurámos com ela os pontos correspondentes à formação de CO_3 HNa e de Cl Na.

Nas figs. 18, 19, 20 e 21 observa-se nìtidamente a variação da condutância do soluto devida à presença destes dois compostos.

A título comparativo apresentamos três curvas referentes a concentrações diferentes e a diferentes frequências. Nota-se assim a influência da variação da concentração e da frequência na forma das curvas.

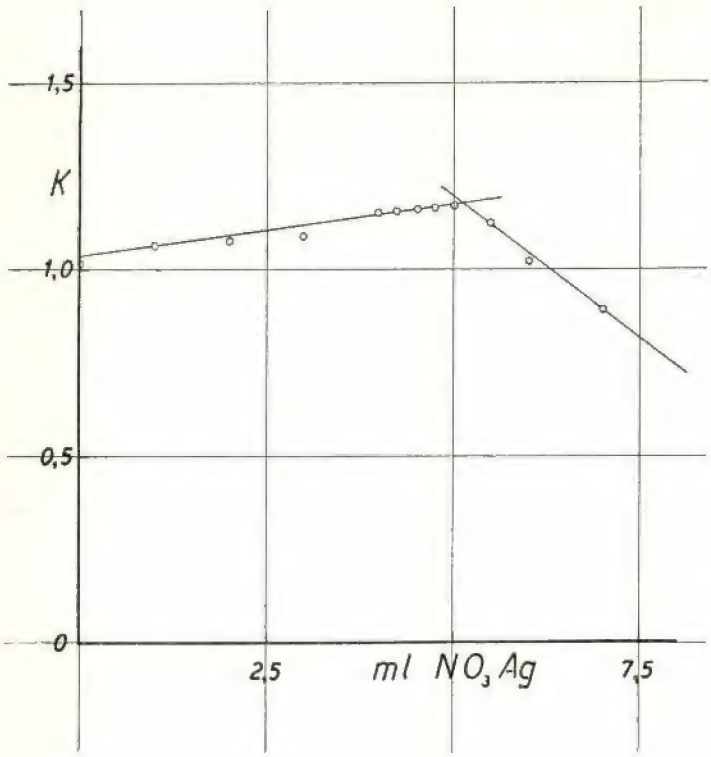


Fig. 16 — Condutimetria a 50 c/s. Doseamento de 5 ml ClNa 0,1 M por NO_3Ag 0,1 M

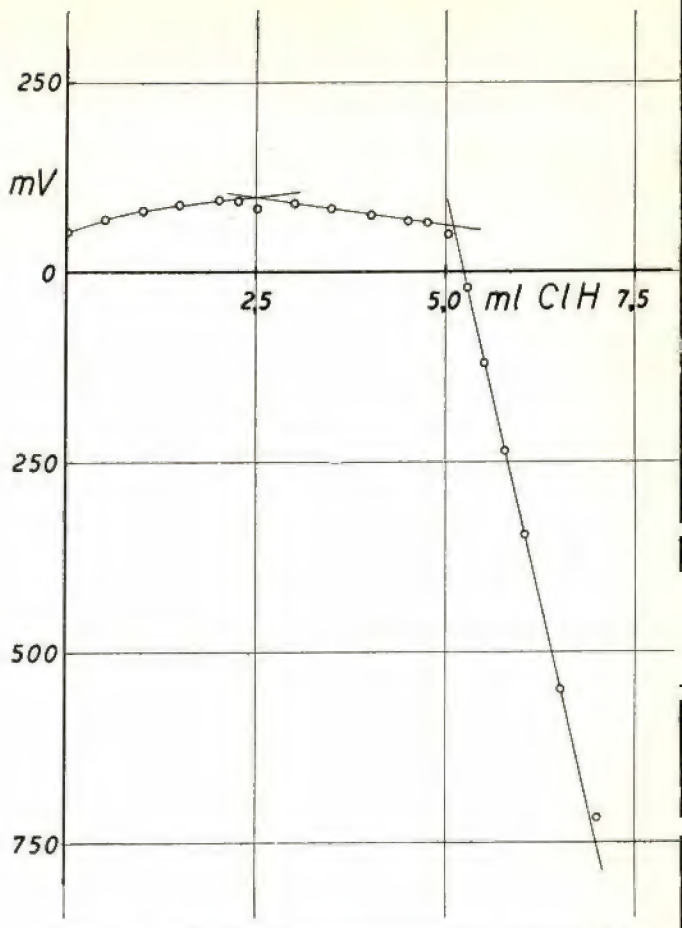


Fig. 18 — Titulação condutimétrica de 5 ml CO_3Na_2 0,05 M por ClH 0,100 N (f = 5 mgeicl ; c = 30 μμ F)

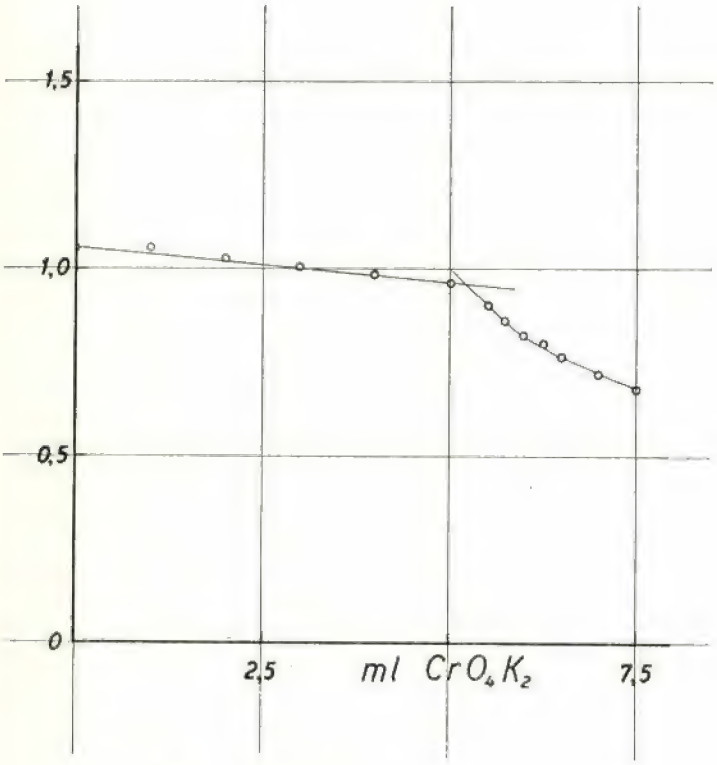


Fig. 17 — Curva obtida na titulação condutimétrica a baixa-frequência de 20 ml $(NO_3)_2$ Ba 0,013 M por CrO_4K_2 0,048 M

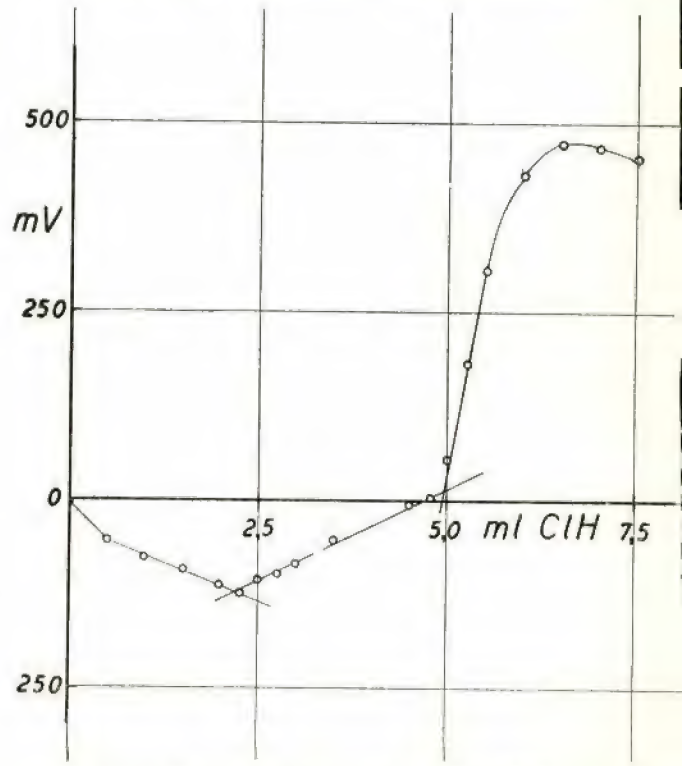


Fig. 19 — Curva de titulação de 5 ml de CO_3Na_2 0,05 M por ClH 0,100 N (f = 10,7 mgeicl ; c = 30 μμ F)

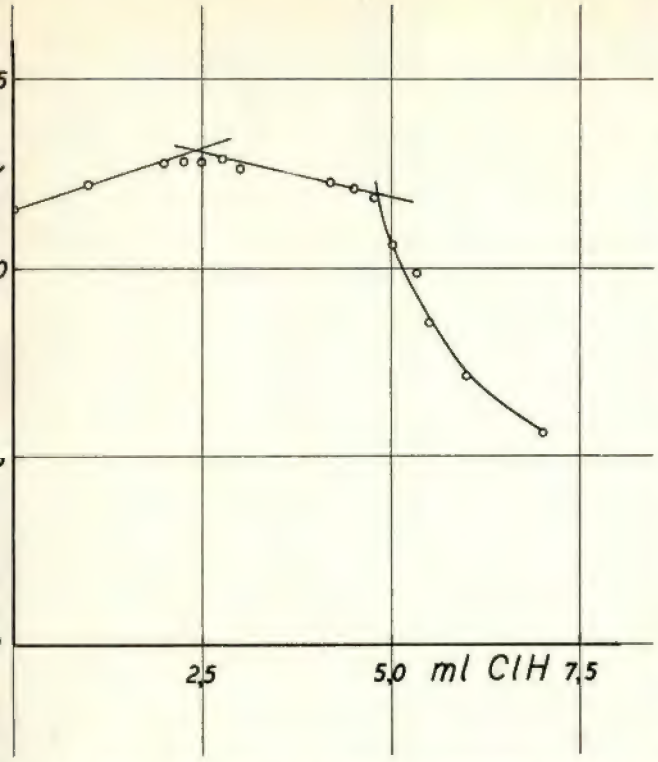


Fig. 20 — Condutimetria a 50 c/s. Doseamento de 5 ml CO_3Na_2 0,05 M por ClH 0,100 N

Foi a reacção entre SO_4 Cu e a complexona III (sal disódico do ácido etilenodiaminotetracético) que nos serviu para ensaiar o comportamento deste método numa reacção de complexação.

Fizemos o ensaio a pH 4,6 — 5,0.

Utilisámos uma banda de frequência de 10,7 megaciclos e condensador de 30 $\mu\mu$ F intercalado em série no circuito. (Fig. 22).

Os resultados com o condutímetro de 50 c/s indicam-se na fig. 23.

Apresentamos a seguir um quadro esquemático de todos os resultados obtidos. (Quadro 1).

Conclusões

Da observação das curvas atrás apresentadas podemos verificar que o método condutimétrico empregando alta-frequência oferece grandes possibilidades para a determinação dos pontos finais de reacção.

De uma maneira geral podemos afirmar que o erro cometido na determinação empregando o método em estudo é sempre inferior ao que se comete em iguais condições utilizando a condutimetria normal de 50 c/s, porque aquele nos permite detectar com suficiente sensibilidade variações da condutância para pequenas variações da concentração.

Os valores obtidos, sendo mais rigorosos, permitem-nos construir curvas características da variação da condutância duma solução com a concentração, que apresentam andamento normalmente rectílineo e assim determinar o ponto final com grande precisão. Podemos fàcilmente chegar a esta conclusão se compararmos as curvas de qualquer dos ensaios com frequências superiores a 2 megaciclos e iguais a 50 ciclos, respectivamente.

Além disso, deve destacar-se a grande vantagem que o processo oferece, e que já apontámos atrás, de poder colocar os eléctrodos isolados da solução, desaparecendo o inconveniente do enve-

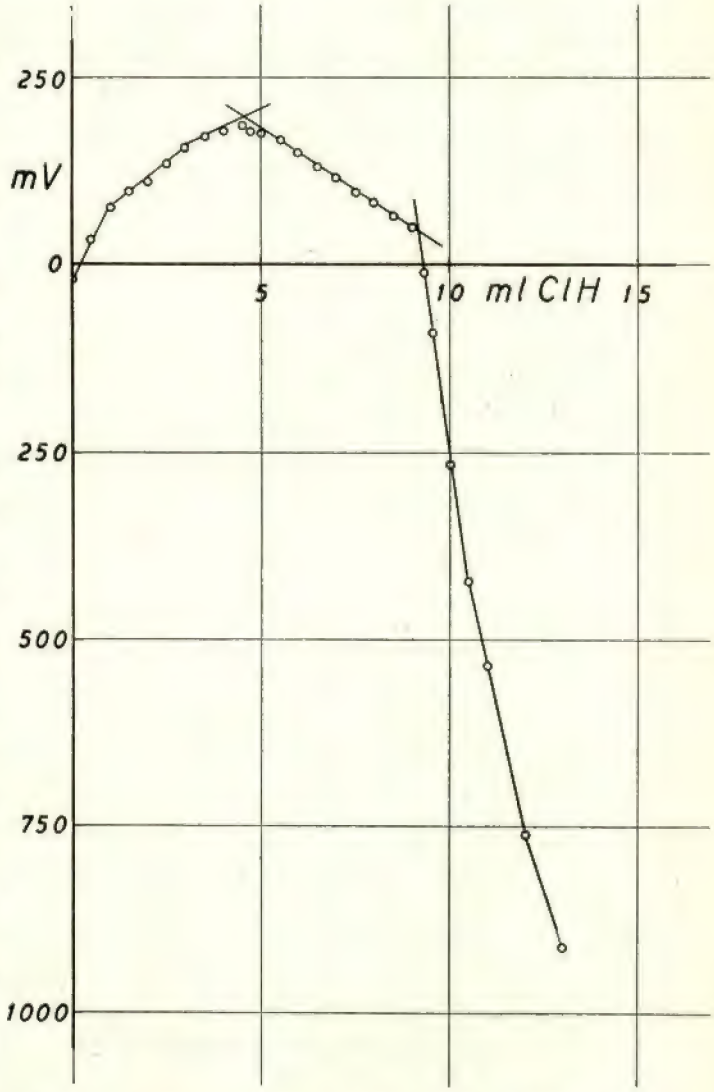


Fig. 21 — Curva obtida na titulação de 5 ml CO_3Na_2 0,1 M por ClH 0,166 N (f = 5 mgciel. ; c = 30 $\mu\mu$ F)

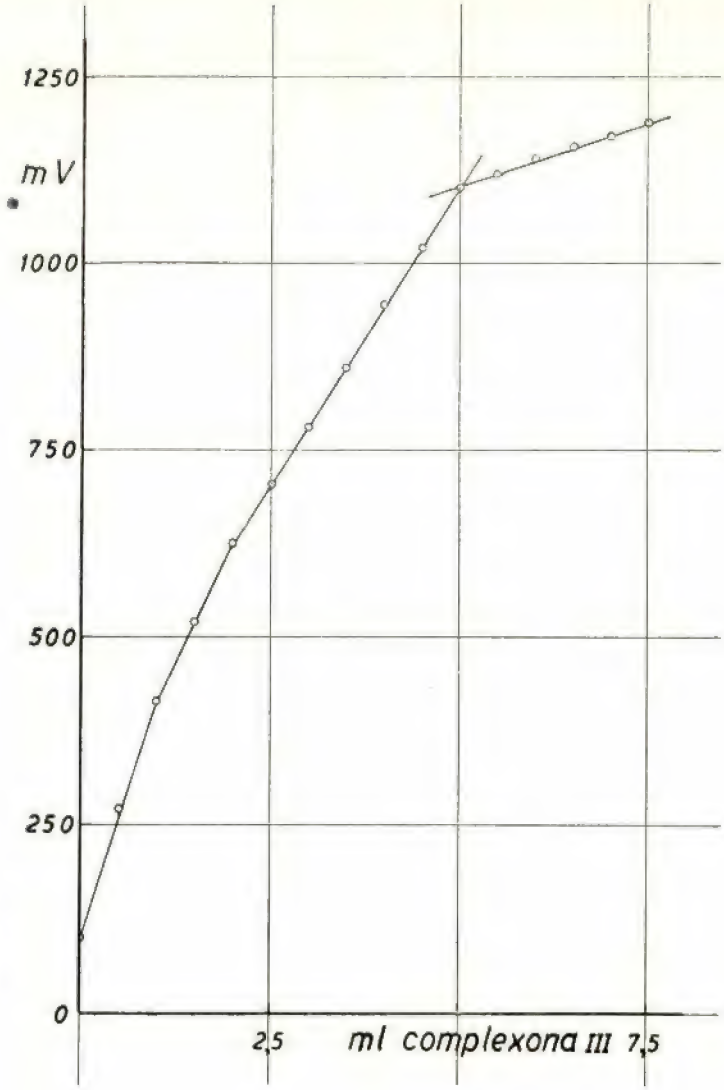


Fig. 22 — Titulação condutimétrica a f = = 10,7 mgcicl. e c = = 30 μμ F, de 5 ml SO_4Cu 0,01 M por complexona III 0,01 M

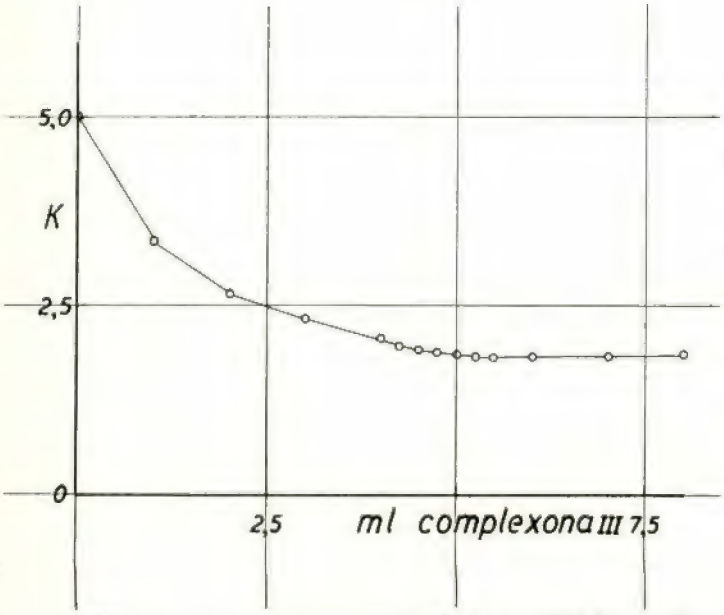


Fig. 23 — Curva obtida na titulação de 5 ml SO_4Cu 0,01 M por complexona III 0,01 M (f = 50 c/s)

nenamento daqueles, praticando-se o método sem necessidade de atender à natureza dos produtos de reacção. Como exemplo vejam-se as curvas obtidas com as reacções de precipitação.

Por outro lado com a possibilidade de se aumentar a região das frequências, pode aumentar-se também a sensibilidade do método e detectar pontos finais das reacções em que a concentração dos reagentes tem valores muito baixos (Vidé nota).

Nota — Actualmente estamos a estudar a aplicação do método à determinacão de baixos teores de urânio, por meio de análise volumétrica.

QUADRO I

Sistema	Volume ml	Concentração	Figura	Frequência	Capacidade
ClH		0,101 N	5	2 mgcic.	30 μμ F
OHNa	5	0,100 N	6	50 c/s	—
ClH		0,100 N	7	5 mgcic.	30 μμ F
			8	10,7 mgcic.	30 μμ F
$OHNH_4$	5	0,098 N	9	50 c/s	—
CH_3 COOH		0,097 N	10	10,7 mgcic.	30 μμ F
$OHNH_4$	5	0,098 N	11	50 c/s	—
CH_3 COOH		0,097 N	12	10,7 mgcic.	30 μμ F
OHNa	5	0,100 N	13	50 c/s	—
NO_3 Ag		0,1 M	14	10,7 mgcic.	30 μμ F
ClNa	5	0,1 M	16	50 c/s	—
CrO_4 K_2		0,048 M	15	5 mgcic.	0 μμ F
$(NO_3)_2$ Ba	20	0,013 M	17	50 c/s	—
ClH		0,100 N	18	5 mgcic.	30 μμ F
			19	10,7 mgcic.	30 μμ F
CO_3 Na_2	5	0,05 M	20	50 c/s	—
ClH CO_3 Na_2	5	0,166 N 0,1 M	21	5 mgcic.	30 μμ F
Complexona III		0,01 M	22	10,7 mgcic.	30 μμ F
SO_4 Cu	5	0,01 M	23	50 c/s	—

* * *

Ao Ex.mo Sr. Professor A. Herculano de Carvalho, não posso deixar de expressar toda a minha gratidão pela forma como me orientou neste trabalho, e não esqueço que sem a sua ajuda não me teria sido possível realisá-lo.

À Ex.ma Sr.a Eng. D. Isabel Gago, apresento os meus agradecimentos pelos seus preciosos conselhos que muito contribuiram para levar a cabo este estudo.

Para a colega M. T. Águas da Silva, o meu reconhecimento pela ajuda prestada, quer na revisão das provas quer durante o decorrer do trabalho.

Laboratório de Electroquímica (I. S. T.)

Novembro de 1955

BIBLIOGRAFIA

1) J. I. Hall, J. A. Gibson, H. O. Philips e P. Critchfield — J. Chem. Educ. *31* (2) : 54, 1954.

2) P. Delahay — New Instrumental Methods in Electrochemistry. New York, Interscience Publishers, Inc., 1954.

3) J. P. Dowdall — The Analyst *80* (952) : 491, 1955.
K. Anderson e D. Revinson — Anal. Chem. *22* (6) 743, 1950.
K. Nakano — Anal. Chem. *26* (4) : 636, 1954.

C. D. U. 621.311.5/91

Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional

— Elementos extraídos das estatísticas mensais do Repartidor Nacional de Cargas (R. N. C.) preparadas nos Serviços do R. N. C. a cargo da Companhia Nacional de Electricidade —

NOTA: *As produções e os consumos das empresas do R. N. C. representam cerca de 91,4 % dos totais do País.*

OUTUBRO

I — Elementos gerais

a) Mensais (mês de Outubro) 10^6 kWh

	1954	1955	Variação %
Produção hidráulica (P_h)	114,9 (2)	123,0 (4)	+ 7
Produção térmica (P_t) . .	9,4 (3)	10,0 (5)	+ 6
Produção total (P_T) . . .	124,3	133,0	+ 7
Cons. electroquímico (C_{eq})	13,0	9,7	— 26
Outros consumos ($C_T - C_{eq}$)	93,5	103,8	+ 11
Consumo total (C_T) (1) . .	106,5	113,5	+ 7

b) Acumulados (de 1 de Janeiro a 31 de Outubro) 10^6 kWh

	1954	1955	Variação %
Produção hidráulica (P_h)	1.224,7 (6)	1.352,1 (8)	+ 10
Produção térmica (P_t) . .	54,3 (7)	45,6 (9)	— 16
Produção total (P_T) . . .	1.279,0	1.397,7	+ 9
Cons. electroquímico (C_{eq})	236,7	268,9	+ 14
Outros consumos ($C_T - C_{eq}$)	869,5	954,5 (10)	+ 10
Consumo total (C_T) (1) . .	1.106,2	1.223,4	+ 11

Notas:

(1) No consumo total (C_T) estão incluídas as perdas nas redes de transporte e distribuição.

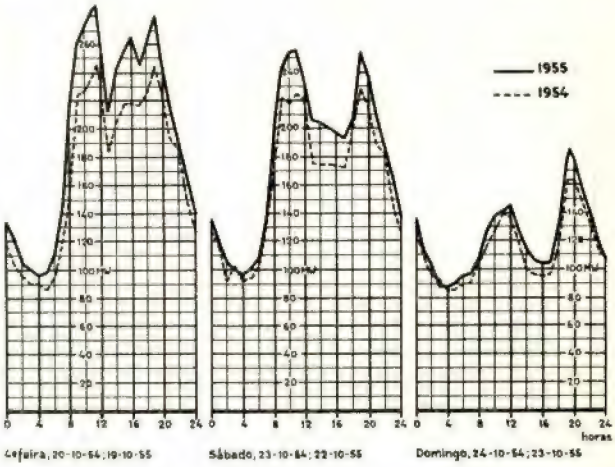
(2) 92 % P_T. (3) 8 % P_T. (4) 92 % P_T. (5) 8 % P_T.

(6) 96 % P_T. (7) 4 % P_T. (8) 97 % P_T. (9) 3 % P_T.

(10) Obtido depois de corrigido o valor acumulado do mês anterior.

II — Diagramas de carga da produção

	4.ª feira: 20-10-954	19-10-955
Produção hidráulica (P_h) — MWh	4.046	4.393
Produção térmica (P_t) — MWh . .	250	431
Produção total (P_T) — MWh . . .	4.296	4.824
Utilização da ponta (U) — horas	17,4	16,8
Factor de carga (α)	0,72	0,70
Relação $\frac{\text{Pot. mín.}}{\text{Pot. máx.}}$ (r)	0,35	0,34



III — Energia armazenada nas principais albufeiras no fim do mês de Outubro de 1955

Albufeira	Energia armazenada 10^6 kWh	% (1)
Venda Nova	10,5	8,0
Salamonde	4,9	17,6
Caniçada	0,3	0,9
Guilhofrei	0,4	4,8
Lagoa Comprida	4,8	16,3
Santa Luzia	1,9	5,6
Cabril	111,7 (2)	33,8 (2)
Castelo do Bode	15,5	9,8
Pracana	0,8	7,5
Póvoa	4,7	32,8
Total	156,7	19,6

Notas:

(1) Coeficiente de enchimento em energia das albufeiras.

(2) Devido a ter-se passado a considerar a partir do dia 18 o efeito da Bouçã na albufeira do Cabril, estes valores incluem já essa valorização.

Têmpera artificial por indução

Os eixos temperados por indução são perfeitamente desempenados, com almas resistentes e livres de incrustações. A têmpera poderá ser aplicada em qualquer área parcial que se deseje e tão profunda quanto for necessário — a um ritmo de produção de centenas de peças por hora.

Os fornos «**BIRLEC**», para têmpera superficial por indução podem tratar, pràticamente, todos os tipos de eixos — compridos, curtos, lisos, estriados, entalhados, assim como engrenagens, etc., sendo a uniformidade da têmpera assegurada por controles automáticos.

BIRLEC BIRLEC **LIMITED**

BIRMINGHAM — Inglaterra

Peça detalhes aos Agentes para Portugal:

AHLERS, LINDLEY, L.DA

Rua Ferregial de Baixo, 33-2.º
LISBOA
Telef. 21321/4 (4 linhas)

Palácio do Atlântico, 408
Praça D. João I
PORTO — Telef. 31414/5

UNILENE

Características:

Leveza; grande resistência ao choque, esmagamento e abrasão; boa flexibilidade; grande estabilidade dimensional; perdas de carga mínimas; imunidade à incrustação, insensibilidade às baixas temperaturas; resistência aos ácidos minerais, alcalis e soluções salinas, inatacabilidade por fungos ou roedores. Não tóxico.

Restrições:

A temperatura máxima de serviço contínuo é de 50° C.

Aplicações:

Construção Civil, Indústria Química, Condutas desmontáveis ou fixas para cerveja, agricultura, vinicultura, sulfato para as vinhas, estábulos, nitreiras, centrais leiteiras, sumos de frutos, águas ácidas, água salgada ou calcárea, condutas de água e ar nas minas, pedreiras, etc.

UNILENE

SOCIEDADE FABRIL DE MATÉRIAS PLÁSTICAS

PORTO
RUA DO HEROÍSMO, 291
Tele { gramas UNISOTRA
fone (prov.) 5 2102

LISBOA
RUA DA EMENDA, 19
Tele { gramas UNISOTRA
fone 2 0448 - 36 7488 - 36 7489

C. D. U. 624 041 63

DETERMINAÇÃO DE LINHAS DE INFLUÊNCIA PELO MÉTODO DE CROSS

PELO ENG.° CIVIL (I. S. T.) ALFREDO DE PINHO MACEDO

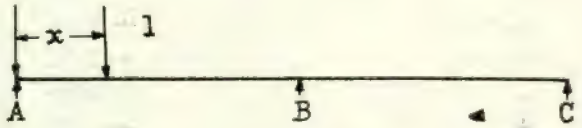
Pretende-se determinar equações de linhas de influência com grande aproximação utilizando o método de Cross.

O processo a expor tem as seguintes vantagens em relação ao processo apresentado no livro «Continuous Frames of Reinforced Concrete» de Cross-Morgan:

a) não se desenham as linhas de influência dos momentos de encastramento nos extremos de cada elemento;
b) não se desenham diagramas de momentos para cada posição da carga unitária;
c) para a carga em cada tramo faz-se apenas um Cross;
d) as áreas dos diagramas são fàcilmente obtidas por meio de integração visto possuir-se a equação da curva.

Nos exemplos a seguir faz-se a aplicação do método de Cross normal com 3 ciclos ou então uma aplicação simplificada do mesmo só com um ciclo utilizando o método dos coeficientes de restricção apresentado por Grinter no seu livro «Theory of Modern Steel Structures» Vol. 11, que torna o processo muito mais rápido.

1. Viga contínua de 2 vãos iguais.



Considera-se uma carga unitária no 1.º vão à distância x do apoio A.

Fazendo $x = kL$, os momentos de encastramento são:

$$M_A = \frac{x\,(L-x)^2}{L^2} = \frac{kL\,(L-kL)^2}{L^2} = k\,(1-k)^2\,L$$

$$M_B = \frac{(L-x)\,x^2}{L^2} = \frac{(L-kL)\,k^2\,L^2}{L^2} = k^2\,(1-k)\,L$$

Para $L = 1$ $M_B + M_A/2 = 0{,}5\ (k - k^3)$

$$\begin{array}{c|c} \overline{+\ 50} & \\ -\ 100 & \overline{+\ 50} \\ \hline 0{,}5 & 0{,}5 \end{array}$$

$M_B = -\ 0{,}25\ (k - k^3)$ (equação da linha de influência para M_B)

$$\int_0^1 (k - k^3)\,dk = \frac{1}{2} - \frac{1}{4} = \frac{1}{4}\,.$$

Área do diagrama $= \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}\,.$

Momento para a carga uniformemente distribuída nos 2 vãos

$$M = p \times 2 \times \frac{1}{16} \times L^2 = p\,L^2/8$$

2. Viga contínua de 3 vãos: $L_1 = L_3 = 6{,}4$ m $L_2 = 8.0$ m.

Cross normal:

$0.75/6{,}4 = 0{,}117$ $a = 0{,}484$

$1/8 = 0{,}125$ $b = 0{,}516$

Carga no 1.º vão

$M_B + M_A/2 = 0{,}5 \times 6{,}4\ (K - k^3) = 3{,}2\ (k - k^3)$

			− 0,06	
	+ 0,23		+ 0,12	
+ 0,22	− 0,45		− 0,89	
+ 3,21	+ 3,44		+ 1,72	− 0,06
+ 48,4	− 66,5		− 13,3	− 0,83
− 100	+ 51,6		+ 25,8	− 12,5
0,484 B	0,516		0,516 C	0,484

$M_B = -3{,}2 \times 0{,}4817\ (k - k^3) = -1.54\ (k - k^3)$

$M_C = +3{,}2 \times 0{,}1339\ (k - k^3) = 0{,}428\ (k - k^3)$

Carga no 2.º vão

$M_B = k\ (1 - k)^2 \times 8$

$M_C = k^2\ (1 - k) \times 8$

	− 0,23		+ 0:06	
	+ 0.45		− 0.12	
	− 3,44		+ 0,89	
− 0.22	+ 6.65		− 1,72	+ 0.06
− 3,21	− 51,6		+ 13,3	+ 0.83
− 48,4	+ 100		− 25,8	+ 12,5
0,484 B	0,516		0,516 C	0,484

$M_B = -8 \times 0{,}5183\ (1 - k)^2\ k = -4{,}15\ k\ (1 - k)^2$

$M_C = -8 \times 0{,}1339\ (1 - k)^2\ k = -1{,}07\ k\ (1 - k)^2$

Devido à simetria

$M_B = -4{,}15\ k\ (1 - k)^2 - 1{,}07\ k^2\ (1 - k)$

Aplicando o processo dos coeficientes de restrição:

$k_1 = 1/6{,}4 = 0{,}156$ $K_2 = 1/8 = 0{,}125$

Coeficiente de restrição para o 1.º tramo = 0,75

$k_1\ v = 0{,}75 \times 0{,}156 = 0{,}117$

$$n = \frac{k_2 + k_1\ v}{k_2} = 1{,}935$$

Grinter apresenta um gráfico em que se determinam os coeficientes de restrição v e os de transmissão r. Para evitar o uso do gráfico deduziram-se as seguintes fórmulas que dão v e r em função de n.

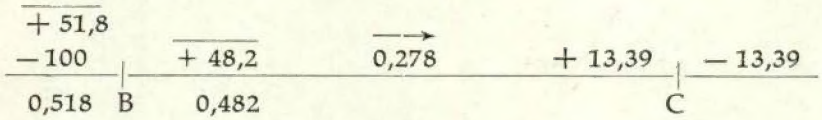
$$v = 1 - \frac{1}{4n}$$

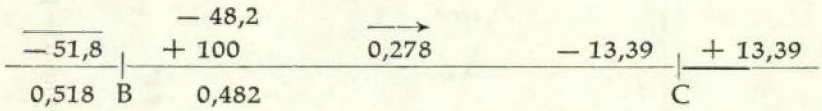
$$r = 2\,\frac{n-1}{4n-1}$$

Para o caso em estudo $v = 0{,}871$ e $r = 0{,}278$

k_1 $v = 0{,}117$ $a = 0{,}518$

k_2 $v = 0{,}109$ $b = 0{,}482$





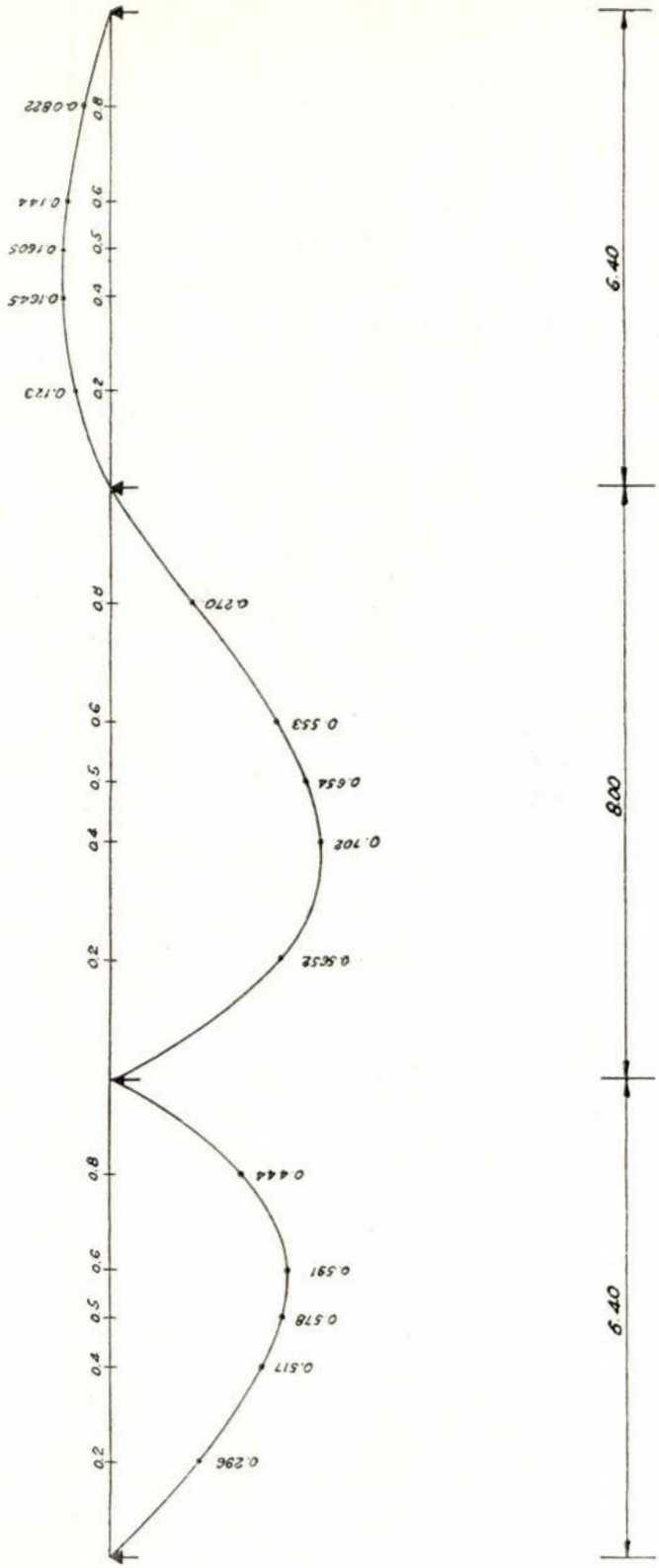
Ordenadas das linhas de influência:

Carga no 1.º vão:

k	0,2	0,4	0,5	0,6	9,8
k^3	0,008	0,064	0,125	0,216	0,512
$k - k^3$	0,192	0,336	0,375	0,384	0,288
M_B	— 0,296	— 0,517	— 0,578	— 0,591	— 0,444
M_C	0,0822	0,1440	0,1605	0,1645	0,1230

Carga no 2.º vão:

k	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8
$(1-k)^2$	0,64	0,36	0,25	0,16	0,04
$k\,(1-k)^2$	0,128	0,144	0,125	0,096	0,032
$-4{,}14\,k\,(1-k)^2$	— 0,531	— 0,599	— 0,520	— 0,399	— 0,133
$k^2\,(1-k)$	0,032	0,096	0,125	0,144	0,128
$-1{,}07\,k^2\,(1-k)$	— 0,0342	— 0,103	— 0,134	— 0,154	— 0,137
M_B	— 0,5652	— 0,702	— 0,654	— 0,553	— 0,270

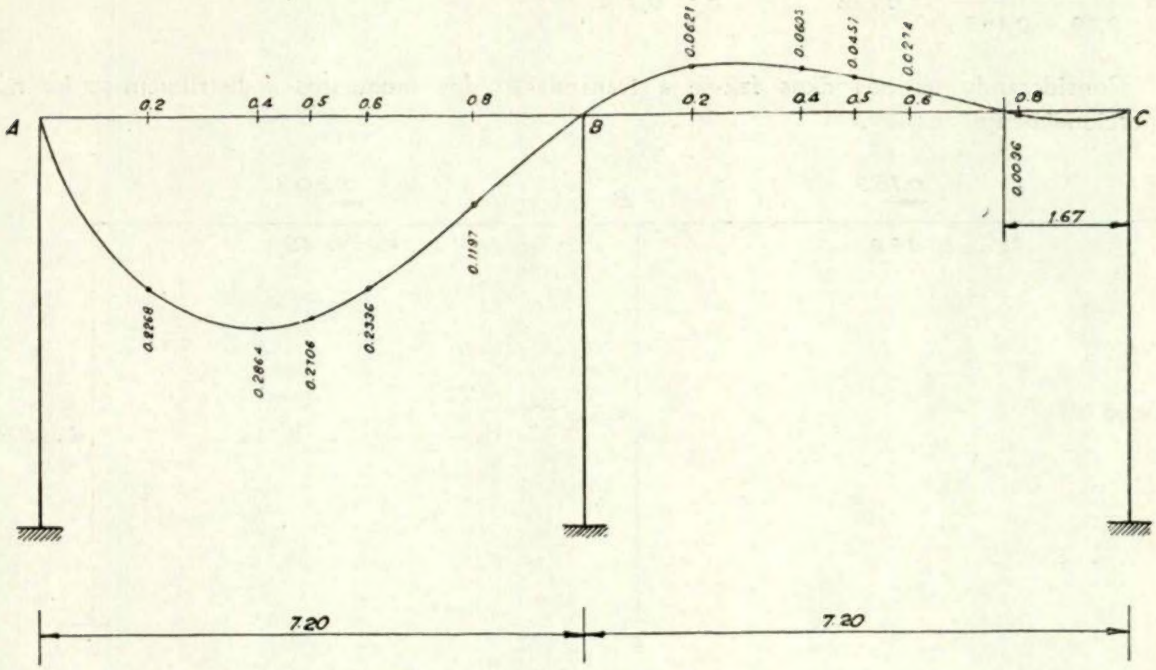


Linha de influência para M_B

3. Pórtico.

Determinação da linha de influência para M_{AD}

Rigidez relativa dos pilares — k = 0,185; das vigas — k = 0,556



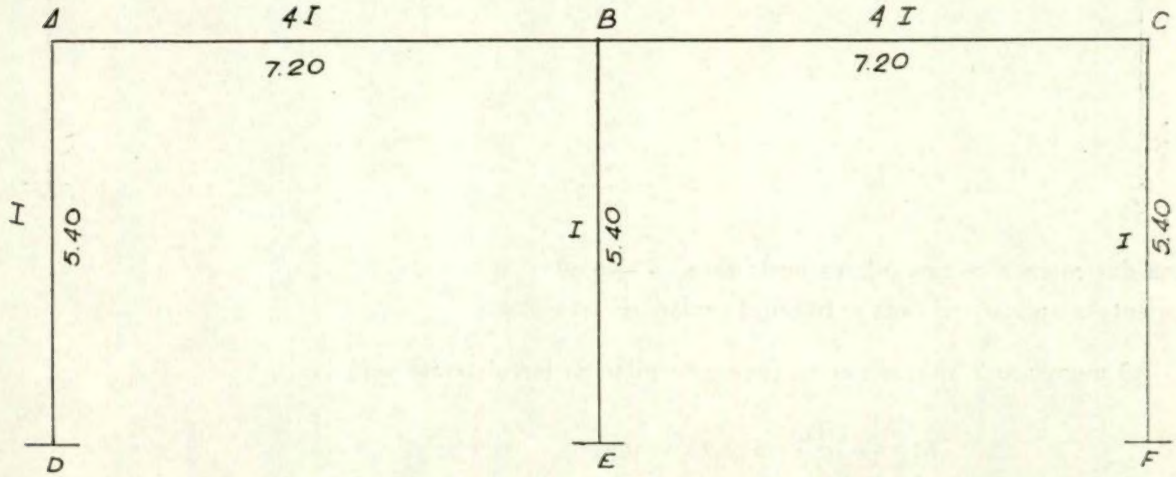
Aplica-se o método das aproximações sucessivas utilizando o processo dos coeficientes de restrição.

$kv = 0.185 \qquad n = \dfrac{0{,}185 + 0{,}556}{0{,}556} = 1{,}332$

$v = 0{,}813 \qquad r = 0{,}153$

Viga $kv = 0{,}556 \times 0{,}813 = 0{,}452$

$n = \dfrac{0{,}556 + 0{,}452 + 0{,}185}{0{,}556} = 2{,}15 \qquad v = 0{,}884 \qquad r = 0{,}303$

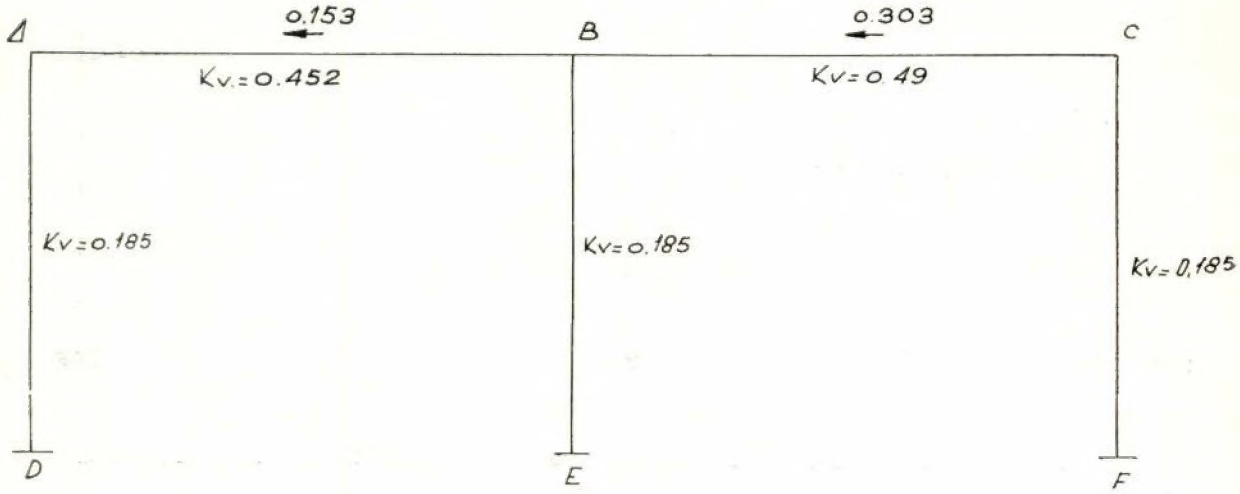


Carga no 1.º vão:

Coeficientes de repartição no nó A.

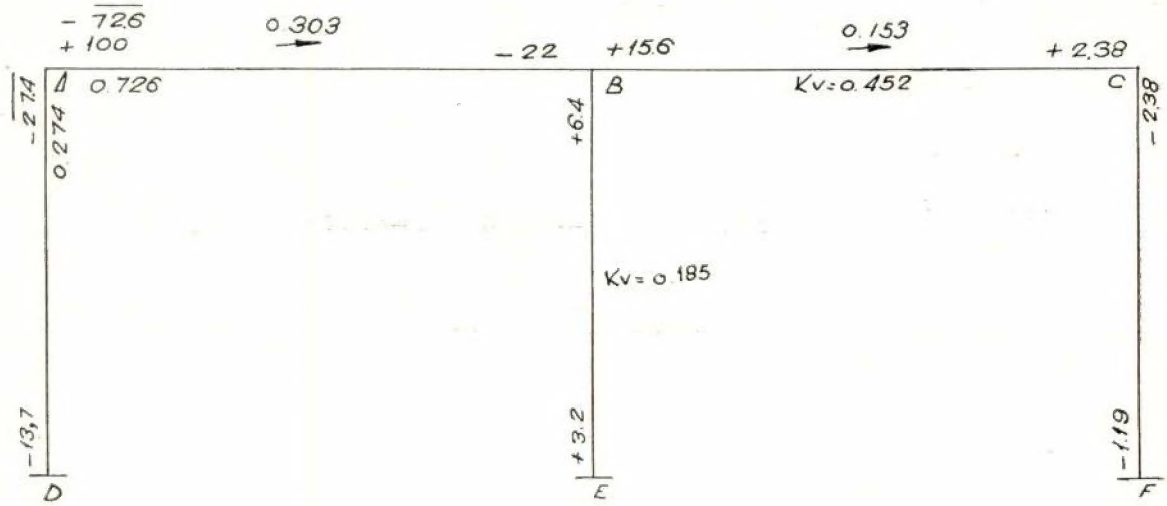
$$a = \frac{0{,}49}{0{,}49 + 0{,}185} = 0{,}726 \qquad b = 0{,}274$$

Considerando os nós fixos faz-se a transmissão dos momentos e distribuem-se no nó B proporcionalmente aos kv.



Soma dos momentos nos pilares = — 35,07

Momento a aplicar em cada extremo = 5,84



Soma dos momentos nos pilares nesta fase — — 6,69

Momento a aplicar em cada extremo do pilar + 1,11

O momento a aplicar nos extremos do pilar na terceira fase será

$$M = \frac{1{,}11}{5{,}84} + 1{,}11 = 0{,}21$$